

V 有機物とくに乾燥豚ふん施用によるフザリウム病の防除

近年、農業情勢の変化にともなって、有機物の畑地への還元量が少なくなり、これにともなって地力の低下と連作障害の発生がもたらされたといわれる。この点の反省に基づき、有機物利用による土づくり運動が各地で展開されている。しかし、以前は完熟堆厩肥が主体であったが、現在では機械化、省力化、兼業化などの影響によって完熟堆厩肥の生産が実行されず、イナワラ、麦稈など未分解有機物のすきこみが多く、さらに、各種の家畜ふん尿、樹皮、オガクズ、都市汚泥、産業廃棄物またこれらを材料とした堆厩肥など有機物の種類も多種多様化しているのが現状である。従って、これら有機物の土壌への投入による土壌理化学性への影響はもちろん土壌微生物相ならびに土壌中の病原菌に対する影響も以前とは異なっているものと思われる。

土壌病害の発生を軽減するために、土壌へ有機物を施用することは古くから行われているが、後述するように、その効果は対象とする病害によって、また、有機物の種類、施用量、施用時期などでそれぞれ異なる。とくに未分解有機物は、いかなる病害に対しても抑制効果のあるものは皆無といっても過言ではない。

そこで、各種有機物のそれぞれの病害に対する効果を逐次検討する必要がある。さらに、それら有機物の施用効果の現れる機構も多種多様であると考えられる。これらの点についても明かにして、有機物の効率的施用法が確立されなければならない。このような観点にたつて、本章では各種有機物の土壌施用がキュウリつる割病の発生に及ぼす影響について明らかにした。それらの中で、乾燥豚ふん施用がキュウリつる割病の発生を著しく軽減した。そこで、乾燥豚ふんの土壌施用法について検討するとともに、その効果発現のメカニズムを究明するために行った実験結果を述べる。

1. 各種有機物および乾燥豚ふん施用によるフザリウム病の防除

1) 各種有機物施用土壌におけるキュウリつる割病の発生

各種有機物を土壌に施用して、キュウリつる割病の発生を最も軽減させ得る資材を見出し、生態的防除法を確立するための基礎的データを得ようとした。

実験方法

供試土壌：厚層多腐植質黒ボク土（採取地は水戸市上国井町茨城農試場内）、5mm目のフルイを通した。

供試有機資材と施用量（土壌重量に対する割合）：カニ殻0.2および1.0%、コーヒー粕0.5および3.0%、堆肥5および15%、乾燥豚ふん5および15%、モミガラ1および5%、乾燥豚ふん3年連用土壌（10a当たり4t施用）、微生物入りパーク堆肥（スミューキ）5および15%、微生物入り肥料（ピオゴン）5および15%。

施用年月日：1974年6月5日。なお、乾燥豚ふんは主として茨城県養豚試験場において自然乾燥したものであった。

病原菌およびその接種法：キュウリつる割病菌（*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*）を供試し、有機物を同時に接種の際は土壌5kgに対して病土40gを接種した（6月5日）。また、有機物施用30日後（7月6日）および施用75日後（8月20日）には同じく病土20gを接種した。なお、病土は、径30cmの素焼鉢に蒸気殺菌（120度で30分間）した畑土壌を5kgつめ、蒸気殺菌した麦粒に28Cで30日間培養したキュウリつる割病菌を200g接種して、キュウリを播種し28日間栽培した後、土壌を3mm目のフルイにかけて麦粒を取り除いて供試した。

キュウリの栽培：品種…青長地這、播種月日は7月6日および8月20日で、35～45日間栽培した。なお、径30cmの素焼鉢を用い、3連制で行った。

第40表 各種有機物施用とキュウリつる割病発生との関係
有機物と病原菌を同時接種後30日目に播種したキュウリつる割病発生

処 理 区	発芽率 (%)	枯死株率 (%)		導管褐 変率(%)	立枯性疫 病株率(%)	病原菌数 ×10 ³ *
		7/29	8/3			
カニ殻 0.2%	73	90.0	100	79.2	4.6	3.3
” 1.0%	70	62.8	86.4	85.5	0	2.8
” 0.2%+堆肥 5.0%	77	80.8	88.5	71.9	5.0	2.9
コーヒー粕 0.5%	64	66.1	92.9	69.2	21.7	3.4
” 3.0%	67	85.7	92.9	62.5	25.0	5.5
” 0.5%+堆肥 5.0%	74	81.8	92.9	77.8	22.5	2.5
堆肥 5.0%	70	90.0	100	79.4	9.1	1.5
” 15.0%	64	67.8	77.8	73.8	0	2.3
乾燥豚ふん 5.0%	57	30.0	60.0	84.0	0	2.3
” 15.0%	29	-**	-**	-**	-**	17.9
モミガラ 1.0%	70	100	100	64.3	32.6	2.7
” 5.0%	34	100	100	87.5	7.2	4.1
乾燥豚ふん連用土	60	24.3	60.8	65.8	6.3	2.4
スミューキ 5.0%	62	77.1	100	73.5	14.6	3.0
” 15.0%	67	77.1	88.9	75.3	10.0	2.6
ビオゴン 5.0%	57	93.6	100	83.9	5.5	4.3
” 15.0%	67	83.4	100	71.3	21.2	3.5
無 施 用	70	100	100	84.4	18.0	3.4

* 印はキュウリ播種時の菌数(接種1ヵ月目)

**印はタネバエが多発したため調査不能

キュウリ播種月日は7月5日, 最終調査は8月7日に行った。

施肥: 化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:14:14)を1鉢当たり3g施用した。

土壤微生物および病原菌の分離: 7月6日および8月20日に希釈平板法で行った。分離培地は前記(IV-1)した培地を用いた。

キュウリつる割病菌小型分生子の発芽生態調査: スライド法を用いて調査し, 分生子の発芽は埋設1日後, 厚膜胞子の形成は3日後, 100視野当たりの厚膜胞子数は15日後に調査した。

発病調査: 発芽後2日ごとに発病苗数を調査

し, 播種後35~45日目には残存株を抜き取り調査した。

実験結果

各種有機資材の土壤施用と同時に病原菌を接種した場合のキュウリつる割病の発生状態を第40表に示した。この実験では接種菌数が乾土1g当たり12,000~13,000と多かったためか, 各処理区ともに著しく高い発病を示し, 無施用区のキュウリは播種後ほぼ20日目に全株萎ちょう枯死した。供試した各種有機資材のなかで, 乾

乾燥豚ふん施用区および乾燥豚ふん連用区では、総発病株率は高かったが、軽症株が多く、萎ちょう枯死株が非常に少なく、他の有機資材施用区に比較して発病軽減効果が高かった。

各種有機資材施用30日後および75日後に病原菌を接種した場合の結果を第41および42表に示した。乾燥豚ふん施用区、乾燥豚ふん連用区およびカニ殻多量施用区では発病が比較的軽微になった。とくに、乾燥豚ふん多量施用区および乾燥豚ふん連用区では萎ちょう枯死株率が低かった。なお、これらの処理区では *Phytophthora* 属菌による疫病の発生も軽減する傾向が認められた。

各種有機資材施用土壌における微生物数の差

異を第43表に示した。細菌数は各種有機物施用区で多く、とくに、乾燥豚ふん施用区、乾燥豚ふん連用区、カニ殻多量施用区ならびにコーヒー粕多量施用区で顕著であった。放線菌数は、カニ殻多量施用区、乾燥豚ふん施用区および乾燥豚ふん連用区で著しく多く、他の施用区では少ない傾向を示した。また、糸状菌は各種有機物施用区で多く、とくに、コーヒー粕多量施用区が顕著で、スミューキ施用区および乾燥豚ふん施用区はこれに次いだ。このような傾向は施用後75日まで持続していた。

有機物施用土壌におけるキュウリつる割病菌小型分生子の発芽生態を第12図に示した。分生子の発芽率は無施用区が最も高く、カニ殻多量

第41表 各種有機物施用とキュウリつる割病発生との関係
有機物施用後30日目に病原菌を接種した土壌におけるキュウリつる割病発生

処 理 区	発芽率 (%)	枯死株率 (%)		導管褐 変率(%)	立枯性疫 病株率(%)
		7/29	8/3		
カニ殻 0.2%	73	41.3	65.9	74.8	8.3
” 1.0%	83	19.8	24.5	50.9	0
” 0.2%+堆肥 5.0%	90	64.3	82.1	83.3	0
コーヒー粕 0.5%	83	56.7	65.0	65.0	28.2
” 3.0%	77	25.7	60.0	62.1	8.9
” 0.5%+堆肥 5.0%	83	51.4	72.4	69.8	7.5
堆肥 5.0%	57	55.6	88.8	87.5	4.8
” 15.0%	73	47.0	78.0	73.3	0
乾燥豚ふん 5.0%	67	33.0	41.7	50.3	5.6
” 15.0%	57	0	0	9.5	0
モミガラ 1.0%	77	40.0	81.1	86.0	17.9
” 5.0%	71	73.3	100	82.2	15.1
乾燥豚ふん連用土	88	8.9	12.2	26.5	0
スミューキ 5.0%	73	88.9	100	72.8	19.6
” 15.0%	67	66.0	83.0	84.4	4.2
バイオゴン 5.0%	57	82.2	88.9	95.8	34.4
” 15.0%	73	67.6	74.3	80.3	8.3
無 施 用	77	76.4	88.9	74.7	34.3

キュウリ播種月日は7月5日、最終調査は8月7日に行った。

第42表 各種有機物施用とキュウリつる割病発生との関係
有機物と病原菌と同時接種後75日目に播種したキュウリつる割病発生

処 理 区	発芽率 (%)	枯死株率 (%)		立枯性疫 病株率(%)	病原菌数 ×10 ³
		9/11	9/19		
カニ殻 0.2%	96	100	100	10.2	2.3
“ 1.0%	93	85.7	100	0	2.3
“ 0.2%+堆肥 5.0%	80	100	100	8.3	1.2
コーヒー粕 0.5%	80	100	100	8.3	2.3
“ 3.0%	100	100	100	6.7	3.2
“ 0.5%+堆肥 5.0%	93	100	100	21.4	2.8
堆肥 5.0%	90	100	100	26.1	1.9
“ 15.0%	90	83.8	100	7.5	2.2
乾燥豚ふん 5.0%	100	76.2	93.4	6.7	4.3
“ 15.0%	87	7.7	15.4	0	9.8
モミガラ 1.0%	83	100	100	15.7	5.0
“ 5.0%	97	100	100	20.7	7.5
乾燥豚ふん連用土	87	4.1	41.7	0	2.4
スミューキ 5.0%	90	100	100	3.6	1.4
“ 15.0%	90	100	100	10.7	2.1
バイオゴン 5.0%	93	100	100	3.9	1.7
“ 15.0%	93	100	100	0	2.0
無 施 用	93	100	100	0	3.9

キュウリ播種月日は8月20日，最終調査は10月4日に行った。

施用区，コーヒー粕多量施用区および乾燥豚ふん連用区で低かった。これら発芽分生子のなかで厚膜胞子を形成したものの割合は乾燥豚ふん施用区，乾燥豚ふん連用区およびカニ殻多量施用区など高い微生物数を示した場合に低く，無施用区で高かった。また，微生物数に大きな変動の認められなかった他の施用区でも比較的高かった。100視野当たりの厚膜胞子数も上記の厚膜胞子形成率とほぼ同様の傾向を示した。なお，分生子の発芽管の溶解率は厚膜胞子形成率の低い乾燥豚ふん施用区およびカニ殻多量施用区において高い傾向を示した。

各種有機物施用土壌におけるキュウリの生育を第13図に示した。乾燥豚ふん多量施用30日後

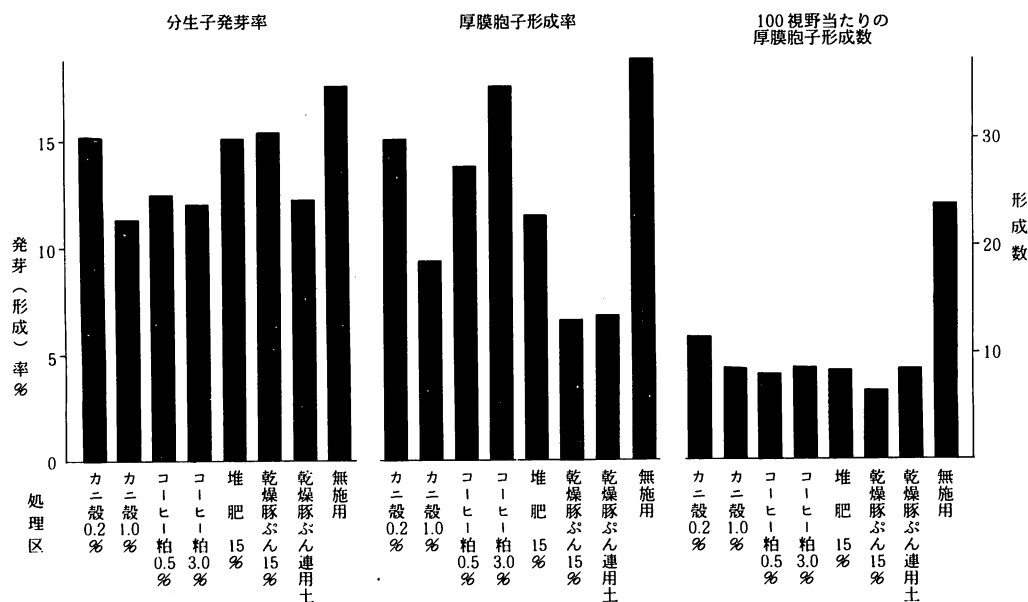
に播種したキュウリに窒素過剰障害が認められた。逆に，モミガラ多量施用区では窒素欠乏症がみられ生育が不良であった。しかし，両処理区とも施用後75日を経過するとこのような障害は認められなくなった。他の有機資材施用区のキュウリの生育は，無施用区と同等かむしろ優れていた。

以上の結果を併せ考えると，土壌中の微生物相を著しく増殖させ，さらに土壌の静菌作用を高めるような作用をもつ有機資材，とくに，乾燥豚ふんの土壌施用はキュウリつる割病の発病抑制を示した。

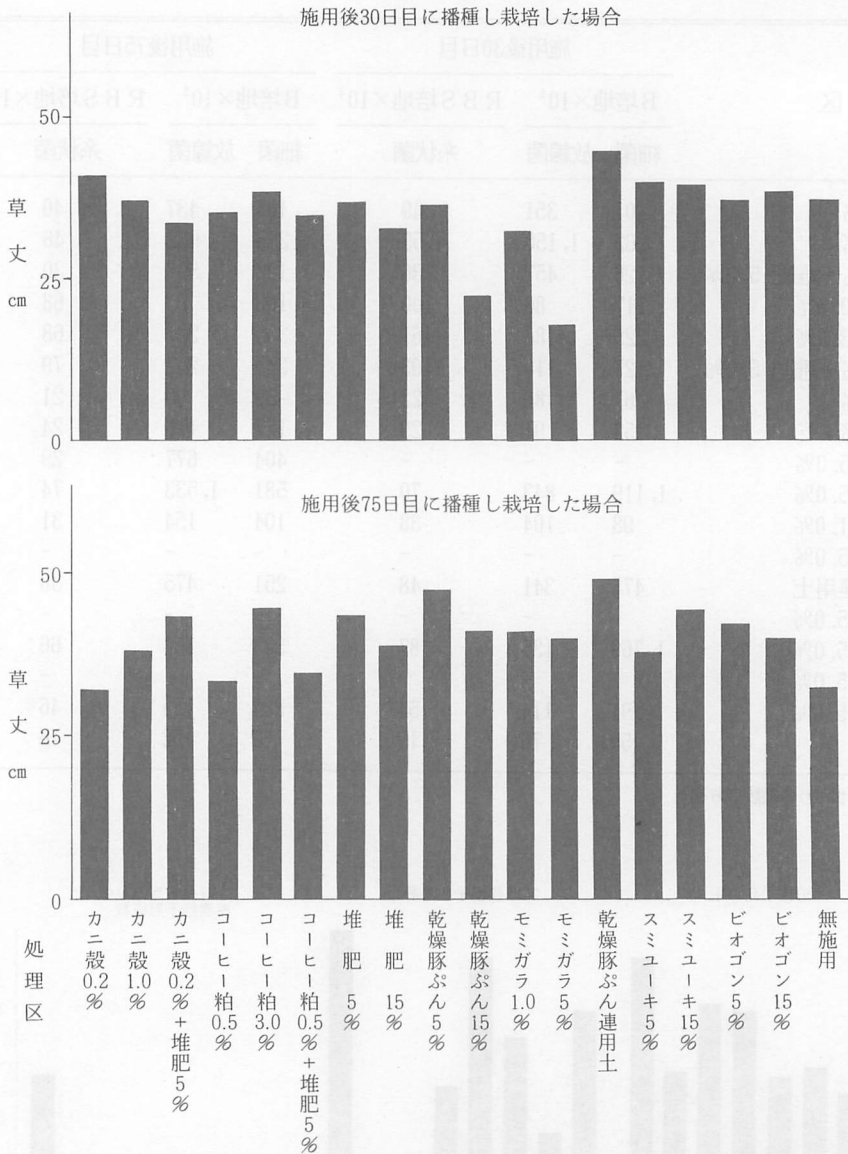
第43表 各種有機物施用土壌における土壌微生物の変動

処 理 区	施用後30日目			施用後75日目		
	B培地×10 ⁵		RBS培地×10 ⁴	B培地×10 ⁵		RBS培地×10 ⁴
	細菌	放線菌	糸状菌	細菌	放線菌	糸状菌
カニ殻 0.2%	101	351	49	184	437	40
〃 1.0%	263	1,150	55	236	962	46
〃 0.2%+堆肥 5.0%	128	457	36	123	593	30
コーヒー粕 0.5%	117	86	100	103	81	68
〃 3.0%	225	186	161	355	221	68
〃 0.5%+堆肥 5.0%	127	110	103	245	212	79
堆肥 5.0%	61	89	22	89	90	21
〃 15.0%	59	91	29	127	116	24
乾燥豚ふん 5.0%	-	-	-	404	677	29
〃 15.0%	1,119	843	70	581	1,533	74
モミガラ 1.0%	98	104	38	104	154	31
〃 5.0%	-	-	-	-	-	-
乾燥豚ふん連用土	478	341	48	251	475	38
スミューキ 5.0%	-	-	-	-	-	-
〃 15.0%	1,769	135	87	338	158	66
バイオゴン 5.0%	-	-	-	-	-	-
〃 15.0%	91	114	54	284	155	46
無 施 用	59	76	19	62	92	16

数値は乾土1g当たりの菌数である。



第12図 各種有機物施用30日目の土壌におけるキュウリつる割病菌の発芽生態



第13図 各種有機物施用とキュウリの生育（病原菌無接種）

2) 連作条件下におけるキュウリつる割病に対する乾燥豚ふんの連用効果

前項に述べた実験によって、乾燥豚ふん処理がキュウリつる割病の軽減化に効果のあることが明らかにされた。本項ではキュウリつる割病発生の抑制効果について明らかにし、フザリウム菌の生態的防除法確立の基礎資料を得る目的

で行った実験結果を報告する。

実験方法

試験圃場：茨城農試場内圃場，厚層多腐植質黒ボク土。

試験規模：1区 4 m × 3 m = 12 m²，2 連制。なお、キュウリの供試株数は1区26株であった。

病原菌の接種：キュウリ初作目にキュウリつる

割病菌(*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)の病土を m^2 当たり50g接種した。病土の作製法は前項の方法と同様であった。なお、接種は1975年4月12日に行った。

乾燥豚ふんの施用：10a当たり5および10tの割合で施用した。初作(1975年)のみ春季施用で、他はすべて前年の秋季施用とした。対照区には堆肥を10a当たり2t施用した。化学肥料の施用量は茨城県耕種基準に準じ、乾燥豚ふん10t施用区では窒素成分で1/2量、5t施用区では窒素成分で2/3量におさえた。乾燥豚ふんの施用月日は付表に示した。なお、実用化されている薬剤防除法としてのクロルピクリン剤の効果も併せて検討した。クロルピクリン剤の処理法は30cm×30cm間隔で深さ15cmに3mlずつ手動式注入器で注入し、ただちにポリエチレンフィルムで被覆した。被覆を7~10日間行った後、とりはずしてガス抜きをした。初作目はクロルピクリン剤処理区の境界に畦畔板を埋めなかったが、二作目からは処理区への再汚染を防止するために、畦畔板を深さ20cmに埋設した。また、クロルピクリン剤処理区には毎年、堆肥を2t/10a施用した。

キュウリの栽培法：露地ネット栽培とし、品種はときわ新2号であった。播種月日および定植月日は付表に示した。

土壌微生物および病原菌の測定：希釈平板法

によって、付表に示したように、キュウリ定植前および収穫後に採土して分離した。分離培地は細菌、放線菌には前記(IV-1)のB培地、

RBS培地を病原菌の分離には駒田培地⁵⁾を用いた。なお、土壌微生物および病原菌の関連をみるために細菌数と放線菌数の合計($B, \times 10^6$)とキュウリつる割病菌数($P, \times 10^3$)とで、 B/P 値を算出した。

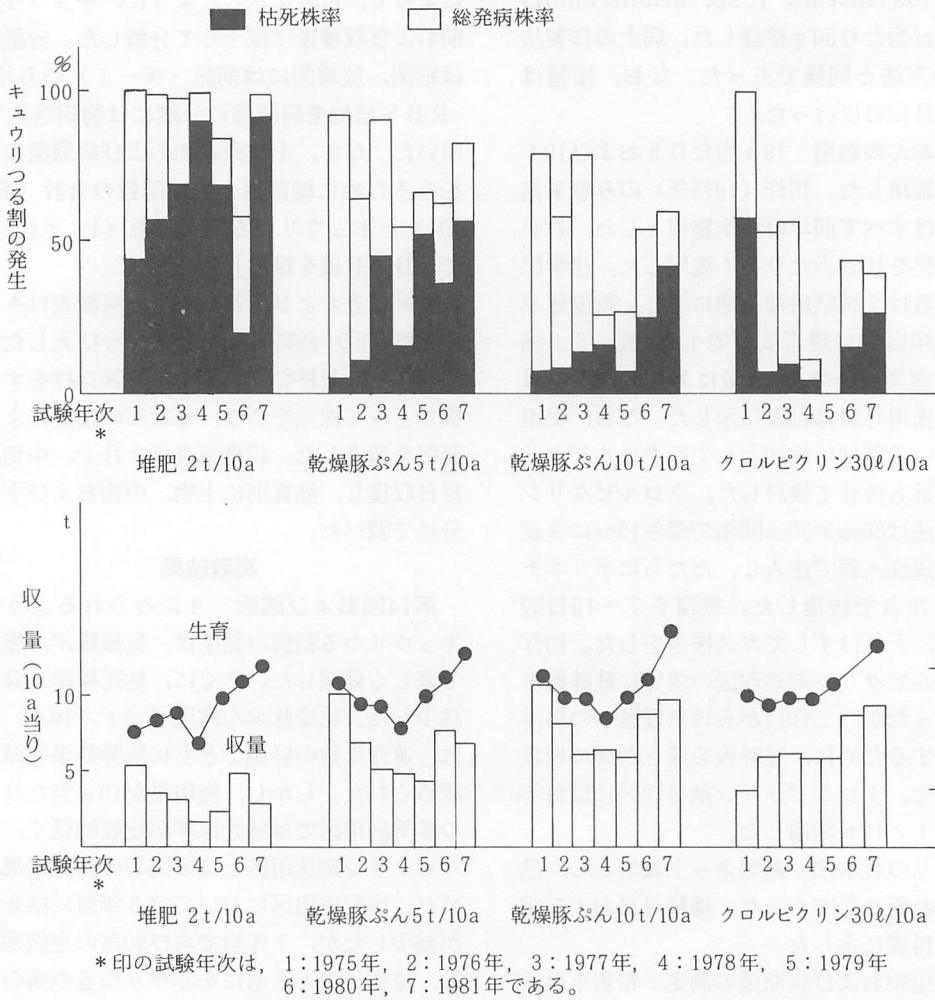
発病調査および収量調査：発病調査はキュウリ栽培期間中随時行い、萎ちょう枯死した株を除去した。最終発病調査時には残存株をすべて抜きとって株元を切り、導管部の褐変によって発病を調査した。収量調査は7月上、中旬から毎日収穫し、品質別に上物、中物および下物に分けて調べた。

実験結果

第14図および図版-4にみられるように、キュウリつる割病の発生は、乾燥豚ふん施用区で著しく軽減した。とくに、枯死株率が顕著に減少した。乾燥豚ふん連用(5t/10a)区では、連作年数の経過とともに防除効果の減退が認められた。しかし、施用量が10a当たり10tの多量施用区では枯死株率が比較的低く、クロルピクリン剤連用区とほぼ同等の防除効果を認めた。堆肥施用区においては6年目に枯死株率が減少したが、7年目で再び90%の発病率を示し、連作年数とともにキュウリつる割病の多発

付表 乾燥豚ふん施用月日および調査月日

試験 年次	乾燥豚ふん 施用年月日	キュウリ		収穫調査期間	最終発病 調査月日	病原菌調査月日	
		播種月日	定植月日			定植前	収穫後
1975	1975・4・18	5・11	6・5	7・3~8・20	8・29	6・4	8・30
1976	1975・10・7	5・20	6・10	7・5~8・24	8・27	6・7	8・28
1977	1976・9・24	5・20	6・10	7・10~8・22	8・31	6・6	9・2
1978	1977・10・3	5・23	6・13	7・8~8・14	8・25	6・6	9・2
1979	1978・11・24	5・21	6・14	7・12~8・15	8・22	5・16	8・30
1980	1979・11・13	5・20	6・10	7・9~8・23	9・1	5・23	9・2
1981	1980・11・27	5・18	6・12	7・15~8・28	9・4	6・3	9・8



第14図 乾燥豚ふん連用、キュウリ連作圃場におけるキュウリつる割病の発生および収量 (1975~1981)

することが認められた。6年目に低い発病率を示したのはこの年が冷夏であり、温度的に発病しにくかったことと、キュウリの生育に適当な降雨があるなどの気象的な要因によるものと推察される。また、クロルピクリン剤処理区で初作目に高い発病率を示したのは、処理区の境界に畦畔板を埋設しなかったため処理区外から病原菌が再汚染したためと思われる。

キュウリの収量(第14図および第44表)は、堆肥施用区においては連作とともに減少する傾向を示したが、乾燥豚ふん施用区では多量施用

区ほど高い収量が安定的に得られ、品質的にも上物率が高く、クロルピクリン剤施用区とほぼ同等であった。また、キュウリの草丈はいずれの処理区においても、連作とともにかえって良好になった。

ネコブセンチュウの寄生度は初作目では各処理区間で大差がなかったが、乾燥豚ふん施用区で軽減する傾向を示した(第44表)。

乾燥豚ふん施用区の土壤微生物数は、第45表に示したように、キュウリ定植前および収穫後ともに、堆肥施用区よりも全般的に多く、病原

菌密度もやや高くなる傾向を示した。微生物群のうち糸状菌や放線菌よりも細菌の増加が顕著であった。また、乾燥豚ふん施用区のB/P値は堆肥施用区に比較して極めて高くなり、微生物的に活性の高い土壌となっていることを示している。

なお、キュウリ5作目と6作目に6月下旬頃からべと病が多発したが、第44表に示したように、乾燥豚ふん施用区では堆肥施用区ならびにクロルピクリン剤処理区に比較して発病程度が低かった。その理由については不明であるが今後検討する必要がある。

第44表 乾燥豚ふん施用土壌におけるキュウリべと病発生、ネコブセンチュウ寄生およびキュウリの収量

処 理 区	年次	べと病 被害度	ネコブセ ンチュウ 寄生度	収 量 (t/10a)				
				上 物	(上物率%)	中 物	下 物	計
堆肥 2t/10a	1975	-	0.3	2.5	45	1.9	1.2	5.6
	1976	-	0.6	1.9	50	1.1	0.8	3.8
	1977	-	1.5	1.6	47	1.0	0.8	3.4
	1978	-	1.6	-	-	-	-	1.8
	1979	36	-	-	-	-	-	2.1
	1980	21	2.2	4.3	88	-	-	4.9
	1981	-	3.4	1.8	69	-	-	2.6
乾燥豚ふん 5t/10a	1975	-	0.8	5.4	52	3.4	1.6	10.4
	1976	-	1.4	4.0	57	2.0	1.0	7.0
	1977	-	1.3	2.5	48	1.8	0.9	5.2
	1978	-	1.6	-	-	-	-	4.9
	1979	36	-	-	-	-	-	4.3
	1980	21	1.5	6.9	87	-	-	7.9
	1981	-	1.7	5.3	76	-	-	7.0
乾燥豚ふん 10t/10a	1975	-	0.6	5.8	53	3.4	1.7	10.9
	1976	-	0.8	4.8	59	2.3	1.1	8.2
	1977	-	0.9	3.1	48	2.0	1.3	6.4
	1978	-	1.1	-	-	-	-	6.5
	1979	18	-	-	-	-	-	6.0
	1980	18	1.2	7.7	87	-	-	8.9
	1981	-	1.0	7.4	75	-	-	9.9
クロル ピクリン 30 l/10a	1975	-	0	1.8	45	1.3	0.9	4.0
	1976	-	0	3.5	56	1.9	0.9	6.3
	1977	-	0	3.2	50	2.1	1.1	6.4
	1978	-	0	-	-	-	-	6.1
	1979	36	-	-	-	-	-	6.1
	1980	27	0	8.0	88	-	-	9.1
	1981	-	0	7.5	76	-	-	9.9

$$\text{べと病被害度} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4}{\text{調査葉数} \times 4} \times 100$$

(n₁:健全, n₂:微症, n₃:軽症, n₄:重症)

第45表 乾燥豚ふん施用土壌におけるキュウリつる割病菌ならびに土壌微生物相の変動

処 理 区	年次	病原菌数		土壌微生物相 (定植前)				土壌微生物相 (収穫後)			
		定植前	収穫後	細菌	放線菌	糸状菌	B/P値	細菌	放線菌	糸状菌	B/P値
		$\times 10^2$	$\times 10^2$	$\times 10^6$	$\times 10^6$	$\times 10^4$		$\times 10^6$	$\times 10^6$	$\times 10^4$	
堆肥 2t/10a	1975	91	95	18	25	17	5	5	15	18	2
	1976	35	85	9	7	20	5				
	1977	24	79	22	6	16	12				
	1978	5	91	15	4	26	39				
	1979	19	15	9	4	21	7	5	10	77	10
	1980	5	37	4	3	22	14	13	10	51	3
	1981	24	49	17	6	20	10	7	9	23	3
乾燥豚ふん 5t/10a	1975	103	103	60	64	21	12	23	71	16	9
	1976	64	143	27	23	19	8				
	1977	62	145	88	22	23	18				
	1978	15	194	92	11	34	68				
	1979	22	38	87	15	28	46	26	24	24	13
	1980	22	67	22	10	27	14	41	15	28	8
	1981	62	50	119	13	43	21	40	21	36	12
乾燥豚ふん 10t/10a	1975	150	129	92	102	18	13	32	90	23	10
	1976	65	136	57	43	21	15				
	1977	95	94	169	51	33	23				
	1978	14	139	108	27	37	96				
	1979	52	37	198	22	45	42	57	44	39	23
	1980	27	21	37	9	26	17	51	17	34	31
	1981	43	97	177	26	61	47	69	34	42	11
クロル ピクリン 30ℓ/10a	1975	0	0	34	15	4	-	22	16	25	16
	1976	0	19	21	2	2	-				
	1977	0	5	50	2	4	-				
	1978	0	27	37	0	2	-				
	1979	0	0	46	4	1	-	14	4	14	-
	1980	0	5	14	3	5	-	24	4	57	58
	1981	0	0	11	1	2	-	41	5	161	-

3) 乾燥豚ふん多量施用の持続効果ならびに 土壌の化学性とキュウリ作物体内成分に 及ぼす影響

これまで述べてきたように、乾燥豚ふんを多量に施用した圃場において、キュウリつる割病の軽減効果が認められたが、乾燥豚ふん多量施用が翌年まで持続するか否かについて明らかにするとともに、土壌の化学性とキュウリ作物体内成分に及ぼす影響について検討した。

実験方法

実験圃場：茨城農試圃内に第46表に示したような実験区を設けた。1区4m×3mの2連制とし、各区26株のキュウリ（品種：ときわ新2号）を供試し、露地ネット栽培とした。土壌は厚層多腐植質黒ボク土である。

病原菌接種：キュウリつる割病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) の病土を前試験に準じて1976年5月20日に接種した。

乾燥豚ふんおよび堆肥の施用：乾燥豚ふん施用区は1976年5月20日に10a当たり2, 5および10t, 堆肥施用区は1976年5月20日, 11月1日および1977年5月4日にそれぞれ10a当たり3t施用した。対照のために, 乾燥豚ふんを10a当たり5および10t施用区(1977年5月4日施用)を設けた。

キュウリは1976年6月25日および1977年6月9日に定植した。施肥は前項に準じて施用し, 堆肥施用区および乾燥豚ふん2t施用区は茨城県の耕種基準に準じた。

土壤微生物および病原菌の測定は希釈平板法によって, キュウリ定植直前に採土して行った。

キュウリつる割病の調査は生育期間中随時行い, 萎ちょう枯死株は除去し, 1976年には9月8日および1977年には8月31日に残存株を抜き取って調べた。なお, 1976年には最終発病調査時に発病株すべてについて節位ごとに25節までの導管の褐変を調べた。また, 収量は7月上旬から毎日収穫し, 品質別に上物, 中物, 下物に分けて調査した。

土壤の分析およびキュウリ作物体内成分の分析：土壤の分析はキュウリ定植直前および収穫直後に採土し, キュウリ作物体内成分の分析は最終発病調査時に抜き取ったものについて茎部

と根部に分けて供試した。なお, これらの分析は1976年のみ行った。土壤分析法は, pH…ガラス電極法, 全窒素…ケルダール法, 硝酸態窒素…イオン電極法, 置換性加里(K_2O)…炎火法, 置換性石灰(CaO)および置換性苦土(MgO)…原子吸光法, 有効態リン酸($Av-P_2O_5$)…トルオーグ法であった。また, キュウリ作物体内成分の分析法は, 窒素…ケルダール法, リン酸…硝酸・過塩素酸湿式分解-バナドモリブデン法, カリ…炎火法, カルシウムおよびマグネシウム…原子吸光法, ケイ酸…重量法を用いた。

実験結果

乾燥豚ふん施用1年目の効果は第46表に示した。キュウリつる割病による枯死株率は, 乾燥豚ふん施用区では堆肥施用区に比較して著しく低くなり, とくに, 10t/10a施用区では約9割も減少した。また, キュウリの生育および収量ともに乾燥豚ふん施用区ではいずれの区も良好になった。そして, 10a当たりの総収量で5t以上となり, とくに, 品質の良好なものが多かった。また, 乾燥豚ふん施用区は堆肥施用区よりもB/P値も高くなる傾向は, 前項の実験結果とも一致した。

キュウリつる割病発病株の導管部の褐変程度を節位ごとに調査した結果を第15図に示した。

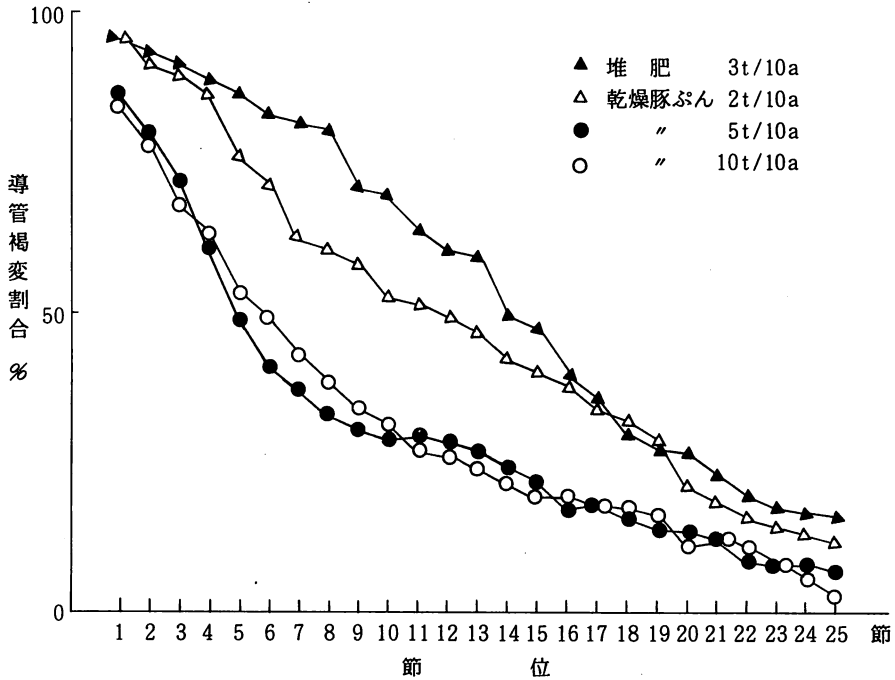
第46表 乾燥豚ふん多量施用の持続効果 (1976)

処 理	つる割病の発生 (%)		収量 (t/10a)				生育 (25節 までcm)	病原菌 (×10 ³)	細菌 (×10 ⁶)	放線菌 (×10 ⁶)	糸状菌 (×10 ⁴)	B/P値
	枯死株率	総発病株率	上物	中物	下物	計						
堆 肥 3t/10a	21.2	94.2	1.7	1.3	0.8	3.8	155	3.5	9	7	20	4.6
乾燥豚ふん 2t/10a	6.3	81.4	2.8	1.8	1.0	5.6	168	4.0	20	12	19	8.0
乾燥豚ふん 5t/10a	3.9	82.7	3.1	2.0	0.8	5.9	167	6.4	32	22	20	8.4
乾燥豚ふん 10t/10a	1.9	59.6	2.7	2.2	1.0	5.9	166	6.5	57	43	21	15.4

つる割病が発生した場合、導管部の褐変が上位に進展して行くが、乾燥豚ふん施用区に栽培したキュウリの導管褐変は、上位になるほど低くなった。このような現象からすると、乾燥豚ふ

んを多量に施用した土壤に栽培されたキュウリでは導管部の褐変が抑制されているものと考えられるが、原因は明らかでない。

持続効果をみるために行った2年目の結果を



第15図 乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリの節位別導管褐変割合

第47表 乾燥豚ふん多量施用の持続効果 (1977)

処理(t/10a)		つる割病の発生 (%)		収量 (t/10a)				生育 (25節までcm)	病原菌 ×10 ³	細菌 ×10 ⁶	放線菌 ×10 ⁶	糸状菌 ×10 ⁴	B/P値
1976年	1977年	枯死株率	総発病株率	上物	中物	下物	計						
堆肥 3t	堆肥	23.7	92.3	1.8	1.6	1.0	4.4	170	4.4	33	8	17	9.4
乾豚*	—**	29.4	86.3	1.7	1.3	0.9	3.9	158	4.8	48	7	18	11.3
乾豚*	—**	11.6	84.7	2.2	1.5	0.9	4.6	167	6.3	73	14	33	13.7
乾豚*	—**	17.3	88.4	2.4	1.8	1.2	5.4	167	10.8	75	18	36	8.6
—**	乾豚* 5t	7.8	54.7	3.2	2.6	1.1	6.9	177	2.9	105	19	21	42.8
—**	乾豚* 10t	6.2	65.8	3.4	2.5	1.1	7.0	175	4.6	175	41	26	47.0

*印の乾豚は乾燥豚ふんの略, **は無施用

第47表に示した。キュウリつる割病の発生、収量および病原菌と土壤微生物相など、年次による変動が多少みられるが、乾燥豚ふん多量施用区においては発病軽減効果が2年目にも認められた。しかし、施用1年目に比較して枯死株率が多くなり、やや効果が減退する傾向を示した。キュウリの収量は10 t/10 a 施用区では2年目においても増収効果を認めたが、2および5 t 施用区では劣った。また、生育に対する効果は乾燥豚ふん施用区では2年目になると小さく、とくに、2 t 施用区で劣った。病

原菌および土壤微生物相に及ぼす影響についてみると、乾燥豚ふん施用後2年目では、施用1年目に比較して病原菌数の増加ならびに細菌と放線菌の減少が認められB/P値は低下した。

これらの結果から、乾燥豚ふんの多量施用によるキュウリつる割病の発病抑制は施用後2年目まで持続するが、キュウリの生育および収量、さらに、病原菌および土壤微生物相に与える効果はかなり低下するものと推察された。

一方、乾燥豚ふん施用土壤の化学性ならびに

第48表 乾燥豚ふん施用土壤における土壤の理化学性（乾土100 g 当たり）

採土時期	処 理 t/10a	PH		全窒素 (mg)	硝酸態 窒素 (mg)	置換性塩基 (mg)			有効態 リン酸 (mg)
		KCL	H ₂ O			K ₂ O	CaO	MgO	
キュウリ 定植前	堆 肥 3t	4.9	5.7	501	3.9	50	250	52	11
	乾燥豚ふん 2t	5.0	5.9	500	2.5	49	250	56	22
	” 5t	5.2	6.2	541	3.0	66	300	91	40
	” 10t	5.5	6.4	622	3.9	91	363	131	144
キュウリ 収穫後	堆 肥 3t	4.8	5.5	487	11.4	39	256	47	11
	乾燥豚ふん 2t	4.9	5.7	514	15.8	36	263	56	20
	” 5t	5.1	5.9	568	21.8	65	325	84	41
	” 10t	5.4	6.1	635	47.5	99	400	147	119

第49表 乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ体内の無機成分

処 理 t/10a	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO		SiO ₂	
	S*	R*	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
堆 肥 3t	2.9	2.7	1.4	0.7	3.3	2.7	2.1	0.9	0.4	0.3	1.3	1.5
乾燥豚ふん 2t	2.9	2.5	1.1	0.7	3.3	2.8	1.9	0.8	0.4	0.3	1.2	1.2
” 5t	2.9	2.9	1.2	0.9	3.1	2.9	1.6	0.8	0.4	0.3	1.2	2.0
” 10t	2.8	2.6	1.9	1.3	3.4	3.1	1.9	1.4	0.4	0.3	1.7	2.6

数値は乾物100 g 当たりの含有率である。

*印のSは基部、Rは根部を表す。

その土壤に栽培したキュウリ体内の無機成分含有率を第48と49表に示した。定植時、収穫時ともに、乾燥豚ふん多量施用区では土壤pH、全窒素、置換性塩基類、有効態リン酸が高く、とくに、10t/10a施用区では有効態リン酸が著しく高かった。また、この区では収穫時の硝酸態窒素も著しく高くなった。キュウリ体内の無機成分含有率は各処理区ともにほぼ等しい傾向を示したが、乾燥豚ふんを多量に施用するほど根部のケイ酸含有率の高くなることが注目された。

4) 土壤の種類と乾燥豚ふんの施用効果

前試験の結果から、黒色火山灰土に乾燥豚ふんを多量施用すると、キュウリつる割病に対する発病抑制効果の高いことが明かにされたが、ここでは、土性の異なる他の土壤に対しても、同じような効果が認められるかどうかについて検討した。

実験方法

供試土壤は、岩屑土（大子土：茨城県大子町産）、砂丘未熟土（息栖土：茨城県神栖町息栖産）、淡色黒ボク土（岩井土：茨城県岩井市産）、細粒灰色低地土（国田土：茨城県水戸市上国井町産）および厚層多腐植質黒ボク土（農試土：茨城農業試験場内産）で茨城県内の土壤型を代表するものである。これらを面積1m²、深さ0.3mとして、木枠に入れ、2連制とし、これにキュウリ（品種：青長地這）を1976年7月22日に播種し、1区10株とした。

キュウリつる割病菌（*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*）を含む病土を前試験に準じて調整したものを各区100g、1976年6月7日に接種した。

乾燥豚ふんは1976年6月7日に10a当たり5あるいは10t施用した。乾燥豚ふん施用区にはとくに化学肥料を加えず、無施用区には10a当たりN-12g、P₂O₅-25g、K₂O-12gを

第50表 土壤の種類と乾燥豚ふんの施用効果

処 理	土 壤 微 生 物 相 (乾土1g当たり)											つる割病発病		草 丈 (cm)
	乾燥豚 施用量 (t/10a)	播 種 時					収 穫 時					枯死 株率 (%)	総発病 株率 (%)	
		細菌 ×10 ⁶	放線菌 ×10 ⁵	糸状菌 ×10 ⁴	病原菌 ×10 ³	B/P値 *	細菌 ×10 ⁶	放線菌 ×10 ⁵	糸状菌 ×10 ⁴	病原菌 ×10 ³	B/P値 *			
大子土	0	7	4	9	5.9	1.8	12	6	15	7.3	2.6	66	100	174
	5	39	26	51	23.6	2.7	64	20	62	32.2	2.6	5	92	249
	10	129	67	132	56.5	3.5	93	19	91	42.1	2.6	0	70	262
息栖土	0	2	1	4	3.3	0.8	3	2	3	1.5	2.8	74	97	126
	5	38	18	48	6.8	8.2	49	12	34	8.4	7.4	6	72	221
	10	59	32	81	9.4	9.6	61	16	56	11.8	6.5	0	74	200
岩井土	0	5	5	9	9.4	1.1	23	6	12	6.9	4.6	14	94	185
	5	48	39	60	16.8	5.2	90	29	85	17.6	6.8	5	76	215
	10	66	72	139	35.0	3.9	121	60	129	36.8	4.9	2	74	198
国田土	0	8	6	8	3.9	3.4	19	8	15	7.9	3.5	9	92	227
	5	68	61	55	15.9	8.2	58	19	40	31.8	2.4	0	71	241
	10	111	118	132	60.1	3.8	97	36	77	64.0	2.1	6	57	217
農試土	0	5	4	20	2.9	3.0	9	11	19	3.5	5.6	-**	-	-
	5	76	48	96	26.8	4.6	97	29	119	41.7	2.9	6	79	234
	10	134	91	126	56.1	4.0	115	48	157	59.4	2.8	3	77	246

*印のB/P値は、細菌+放線菌/病原菌の比。**印は除草剤がかかり調査不能。

加えた。

土壤微生物および病原菌数の測定は希釈平板法によって、播種時（7月22日）および発病最終調査時（9月11日）に採土して行った。

発病調査は生育期間中随時行い、萎ちょう枯死株はそのつど除去し、9月11日に全残存株を抜き取って、生育と発病を調査した。

実験結果

実験結果を第50表に示した。各土壤ともに乾燥豚ふん施用区において枯死株率が著しく少なくなっており、また、発病株率も減少している。とくに、地力の低いと思われる息栖土および大子土における発病抑制効果が高かった。キュウリの生育も各土壤区ともに乾燥豚ふん施用区で無施用区より優り、とくに、発病の少ない大子土および息栖土区で良好であった。

土壤微生物および病原菌数の変動をみると、各土壤区ともに乾燥豚ふん施用区では無施用区よりも著しく多く、この傾向は乾燥豚ふんの施用量が多いほど著しく、最終調査時まで持続した。ただし、息栖土区では他の土壤に較べこの傾向が顕著でなかった。なお、B/P値は、播種時には無施用区では各土壤平均で2.02であるのに対して、乾燥豚ふん施用区では5t施用区で5.78、10t施用区で4.96と高くなった。また、最終調査時におけるB/P値は、大子土、国田土および農試土の乾燥豚ふん施用区では播種時に比較して減少し、無施用区と同じか低い傾向を示した。

以上の結果から、乾燥豚ふん施用によって土壤微生物数ならびに病原菌数に及ぼす影響は土壤の種類によって多少異なり、一定の傾向を認めることはできなかった。しかしながら、キュウリつる割病発生状況は乾燥豚ふん施用によって、いずれの土壤においても明かに軽減すること、また、収量は調査しなかったが、キュウリの生育の増加は明らかであった。

5) 乾燥豚ふんの施用時期とキュウリつる割病の防除効果

乾燥豚ふんの施用時期によって、キュウリつる割病の発生およびキュウリの生育と収量に及ぼす影響を明かにしようとした。

実験方法

供試圃場：茨城農試場内圃場，厚層多腐植質黒ボク土の圃場に各区10.5㎡，2連制の実験区を設けた。ちなみに、この場所は前作はリクトウでキュウリは初めて作付けした。

病原菌の接種：病土100g/㎡（作製法は第1項に同じ）を1976年11月20日に全面に接種し、作土（深さ15cm）によく混和した。

乾燥豚ふんおよび堆肥の施用法：冬期（11月29日）および春期（4月21日）施用の2区とし、乾燥豚ふんは2,5t/10a，堆肥は3t/10a施用した。

施肥法：標準区（堆肥施用区）は茨城県の耕種基準に準じて、N，P₂O₅，K₂Oの施用量は10a当たりの成分量として、それぞれ、30, 25, 30kgとした。また、乾燥豚ふん2t/10a施用区は同じく24, 15, 24kgとし、5t/10a施用区は同様に15, 0, 15kgとした。

品種および栽培法：品種、ときわ新2号を露地ネット栽培した。育苗日数20日間の苗を1977年6月9日に定植した。

クロルピクリン剤の処理：乾燥豚ふん施用による効果とクロルピクリン剤処理の効果と比較するために、前記（V-1-2）に準じて行なった。処理は5月6日に行い、ガス抜きは5月15日であった。

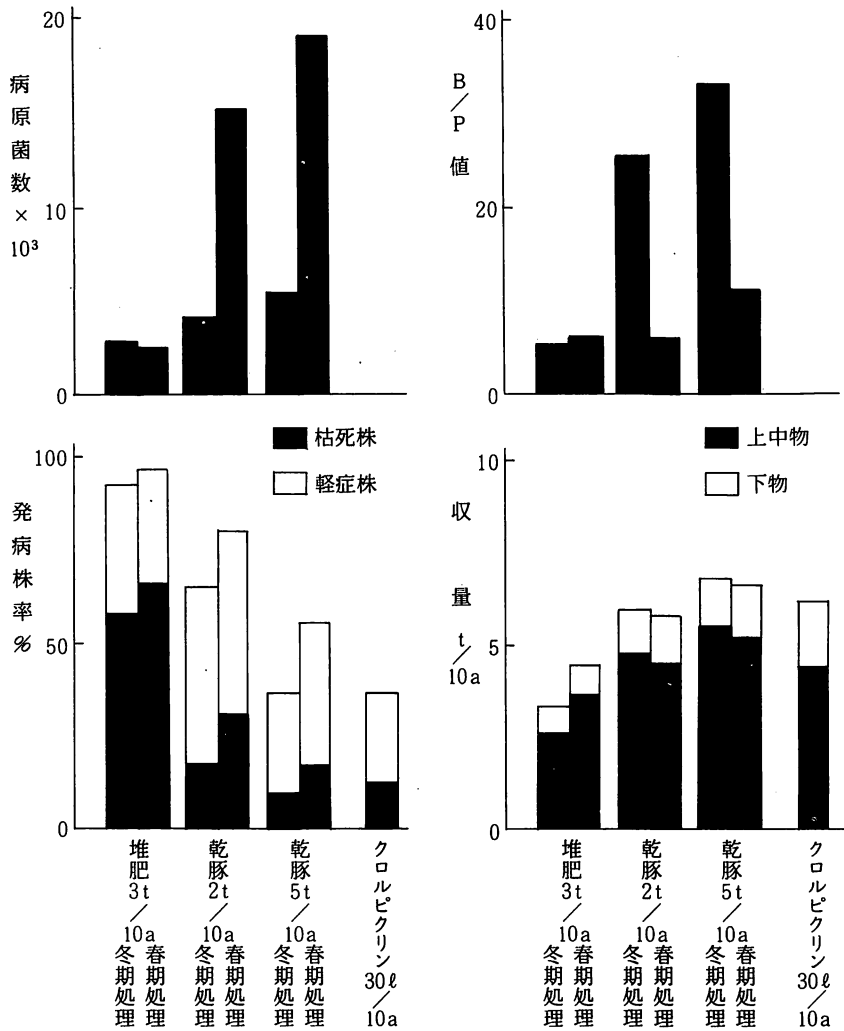
土壤微生物および病原菌数の測定：6月6日に採土し、希釈平板法により行った。分離培地は前記（IV-1）した培地を用いた。

発病調査：生育期間中随時行ったが、そのつど、萎ちょう枯死株は除去し、8月26日～27日に残存株を抜きとって、生育と発病を調査した。

収量調査：7月上旬から毎日収穫して、品質別に重量を調べた。

実験結果

実験結果を第16図に示した。まず、キュウリつる割病の発生をみると、施用時期にかかわらず、乾燥豚ふん施用区においては萎ちょう枯死株の発生が標準区（堆肥施用区）に比べて遅れていた。また、図左下にみられるように発病株率が著しく低くなっている。しかし、この発病低下は春期施用よりも冬期施用の場合、また、



第16図 乾燥豚ふん施用時期とキュウリつる割病の発生、キュウリの収量および病原菌数とB/P値の変動

施用量の多い場合に顕著であった。キュウリの生育は乾燥豚ふん施用時期にかかわらず、標準区よりも一般的に良好であった。また、その効果は冬期施用よりも春期施用で、また、施用量が多いほど高い傾向を示した。乾燥豚ふん春期施用区ではキュウリの生育が良好であったが、生育中期から後期につる割病の発病が多くなり、図右下にみられるように、収量は冬期施用とほぼ同等になった。しかし、標準区よりもかなり多収となり、とくに上物率が高く

なった。

土壤微生物の変化については表示を省略したが、乾燥豚ふんの施用時期にかかわらず標準区よりも多く、とくに、細菌数が顕著に多かった。乾燥豚ふんの春期施用区では冬期施用区よりも土壤中の微生物数は全般的に多いが、とくに、糸状菌と病原菌数は顕著に多くなった。そのため、図右上に示したように、細菌+放線菌/病原菌 (B/P 値) は乾燥豚ふん冬期施用区で、施用量が多いほど高くなる傾向を示した。しか

し、春期施用区では冬期施用区ほど顕著でなかった。

以上の結果から、乾燥豚ふんを多量に土壤施用した場合、冬期施用の方が春期施用に比較して病原菌の顕著な増加は起こらず、B/P値が高まり、発病抑制効果および増収収量が優れていた。

6) 数種土壤病害に対する乾燥豚ふんの施用効果

これまでの諸実験の結果によって乾燥豚ふんを土壤に施用することで、キュウリつる割病の発病を軽減することが明らかになった。このような効果が各種土壤病害に対して応用できるかどうかを実験した。

実験方法

試験区の場所、規模および区制：茨城農試場内、厚層多腐植質黒ボク土に次の試験区を設定した。1) ジャガイモ；品種は男爵で、試験区は1977年6月1日に植付けた。1区1㎡，3連制。2) コンニャク；品種は在来種で、試験区は同年5月28日に種いもを植付けた。1区3.6㎡，2連制。3) ダイコン；品種はみの早生大根で、試験区は同年6月18日に播種した。1区6.5㎡，2連制。4) ハクサイ；品種は王将で、試験区は同年9月1日に定植した。1区6.0㎡，2連制。

乾燥豚ふんの施用時期および量：ジャガイモ試験区には1977年4月14日、コンニャク試験区には同年4月23日、ダイコン試験区には同年5月18日、ハクサイ試験区には同年7月27日、それぞれ10a当たり2t，5t，10tの乾燥豚ふんを施用した。なお、乾燥豚ふん施用区には化学肥料を施さず、乾燥豚ふん無施用区にはそれぞれ茨城県耕種基準にしたがって化学肥料を施した。

病原菌の接種：ジャガイモ区では、そうか病菌 (*Streptomyces scabies*) の Czapek 液体培地培養菌を㎡当たり100ml コンニャク区では根腐病菌 (*Pythium aristosporum*) の土壤フスマ培地培養菌を㎡当たり50g，ダイコン区では萎黄病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *raphani*) の土壤フスマ培地培養菌を㎡当たり100gずつ、それぞれ乾燥豚ふん施用直前に土壤接種した。

なお、ハクサイ根こぶ病、各作物の軟腐病およびコンニャク乾腐病は自然発病土を用い、病原菌の接種は行わなかった。

発病および収量調査：発病調査は随時行ったが、最終の発病および収量調査は、ジャガイモの場合1977年9月8日、コンニャクでは同年10月27日、ダイコンでは同年8月27日、ハクサイでは同年12月8日に行った。

実験結果

実験結果を第51表に示した。乾燥豚ふん施用土壤におけるジャガイモそうか病および軟腐病の発生は無施用区とほぼ同等かやや高く、とくに抑制効果を認めなかった。しかしながら、収量およびいも1個当たりの重量は無施用区よりも著しく優れ、施用量の多いほどこの傾向は大きかった。コンニャクの根腐病、乾腐病および腐敗病に対する乾燥豚ふんの施用効果をみると、これら各病害の発病率は全般に低かったが、無施用区とほとんど差がなかった。しかし、乾燥豚ふん施用区の収量は明らかに無施用区よりも高く、また、いも1個当たりの重量および生子(子いも)の重量も多かった。

乾燥豚ふん施用土壤におけるダイコン萎黄病の発生は、生育初期から萎ちよう枯死株が堆肥施用区よりも多発し、生育末期までに約80%が枯死した。本病に対しては乾燥豚ふんの多量施用はむしろ発病を助長するものといえる。また、軟腐病は発病が少なく、軽減効果は明らかでなかった。収量の品質別上物率も乾燥豚ふん施用区では堆肥施用区に比較して劣る傾向であった。ハクサイ根こぶ病に対する乾燥豚ふんの施用効果は、無施用よりも高く、とくに、施用量の多いほどこの傾向は大きかった。軟腐病に対しては明らかな傾向を認めにくかった。ハクサイの株重および品質別上物率は、乾燥豚ふん施用区で無施用区よりも優る傾向がみられた。

第51表 数種土壌病害に対する乾燥豚ふんの土壌施用効果

対象作物	処 理	発 病 お よ び 収 量						
		そうか病 発病芋率(%)	軟腐病発 病芋率(%)	虫害芋 率(%)	1芋当 たりの重 さ(g)	収 量 (㎡当 たりkg)		
ジャガ	無施用	36.9	3.4	3.6	37	2.2		
イモ	乾燥豚ふん 5t/10a	38.1	6.9	6.3	56	4.5		
	" 10t/10a	42.4	7.0	3.0	65	5.1		
		根腐病 芋率(%)	乾腐病 芋率(%)	軟腐病 芋率(%)	1芋当 たりの重 さ(g)	収 量 (㎡当 たりkg)	1生子 重さ(g)	
コン	無施用	2.2	14.0	2.2	47	1.0	4.5	
ニャク	乾燥豚ふん 5t/10a	1.4	11.2	1.4	83	2.0	5.4	
	" 10t/10a	2.9	10.3	2.8	107	2.4	6.6	
		萎 黄 病 発 病			軟腐病 発病株 率(%)	収穫物の品質 ごとの割合(%)		
		枯死株 率(%)	軽症株 率(%)	総発病 率(%)		上物	中物	下物
ダイコン	乾燥豚ふん 2t/10a	81.8	3.9	85.0		3.8	25	32
	" 5t/10a	83.6	9.3	92.9	5.8	19	4	78
	" 10t/10a	78.0	12.5	90.5	9.5	22	24	54
	堆 肥 2t/10a	72.9	15.7	88.6	9.2	30	13	57
		根こぶ病発病		軟腐病 発病株 率(%)	1株当 たりの平均重 さ(kg)	収穫物の品質 ごとの割合(%)		
		株率(%)	程度			上物	中物	下物
ハクサイ	無施用	73.4	2.4			26.7	3.4	23
	乾燥豚ふん 2t/10a	74.3	1.5	40.6	4.0	39	17	44
	" 5t/10a	67.3	2.1	17.1	4.0	43	33	24
	" 10t/10a	52.6	1.5	22.8	3.1	35	48	17

7) 考 察

各種の有機物を土壌施用することによって土壌伝染性病害を防除した研究例は、松田(1978)⁶⁹⁾、(1981)⁷⁰⁾が総括しているように数多い。それらによると、同じ有機物を施用した場合でもその防除効果は作物や病原菌の種類によって異なっていることが示されている。例えば、鶏ふんの施用はキュウリつる割病 (*F. oxy-*

sporum f. sp. *cucumerinum*)、トマト萎ちょう病 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*) およびキャベツ萎黄病 (*F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*) の発生を抑制するが、ダイコン萎黄病 (*F. oxysporum* f. sp. *raphani*) およびトマト根腐萎ちょう病 (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) の発生を助長する。また、青刈作物のすきこみはコンニャク乾腐病

(*F. solani* f. sp. *radicicola*) を軽減させるが、キュウリつる割病およびダイコン萎黄病の発生を助長する。さらに、インゲン根腐病 (*F. solani* f. sp. *phaseoli*) は C/N 比の高い有機物施用で軽減されるが¹⁰⁰⁾、エンドウアファノマイセス根腐病 (*Ahanomyces euteiches*)⁸⁵⁾、ゴマ根腐病 (*Thielaviopsis basicola*)²⁾、インゲン茎腐病 (*Rhizoctonia solani*)⁸³⁾ などには C/N 比の低い有機物の施用が有効である。このように、有機物の種類によってその施用効果は異なっている。

前述したように、ポット試験ではあるがキュウリつる割病に対して、各種有機物のなかで乾燥豚ふん施用は極めて高い発病軽減効果を示し、とくに、萎ちょう枯死株の発生が少なかった。この土壤中では細菌数が著しく増加し、病原菌分生子の発芽が抑制され、厚膜胞子の形成が少なかった。このことは土壤中細菌の増加したことが、直接的に病原菌の行動に影響したとはいえないが、いずれにしても、乾燥豚ふんの施用によって土壤微生物の活性が高められて、発病軽減につながったことは明らかである。

一方、キュウリの連作圃場において乾燥豚ふん 5~10 t/10 a を毎年連続施用すると、キュウリつる割病の発生はクロルピクリン剤処理と同程度にまで軽減され、キュウリの生育も旺盛で増収効果も極めて高かった。しかも、キュウリを 7 年間の長期連作を行なっても、乾燥豚ふんを連用する限りその効果は持続した。このような乾燥豚ふん施用土壤中の細菌+放線菌/病原菌 (B/P 値) は極めて高い状態を示していた。

最近、土壤微生物学の分野において、細菌数を糸状菌で割った値である B/F 値によって、微生物的に土壤の特性を明らかにしようとする試みがなされている。竹下ら(1977)¹⁰⁰⁾ は施設栽培トマトにおいて、B/F 値が高いとトマト灰色疫病 (*Phytophthora capsici*) の発生が少ない現象を認めている。また、石上ら(1976)⁴¹⁾ も同様にトマトのハウス栽培で堆厩肥の多量施用は土壤および作物根圏の微生物相を細菌型にし、糸状菌による連作障害の発生を

軽減することを報告している。この B/F 値は、病原菌が糸状菌であることを考慮すれば、B/P 値に相通じる面がある。すなわち、乾燥豚ふん多量施用土壤は微生物的に活性の高い細菌型の土壤になっているものといえよう。

駒田・小川(1978)⁵²⁾ は数種の有機物(馬ふん、牛ふん、豚ふん、パーク堆肥など)を連用している農家の圃場から採土した土壤にキュウリつる割病菌を接種し、そこでの発病状況を観察している。このような土壤では無施用土壤と比較して土壤微生物数は多く、発病は軽減した。しかし、この効果は翌年までは持続しないと述べている。これに対して、本章で述べたように、圃場における乾燥豚ふん施用の持続効果は、多量施用の場合には翌年目まで続いた。ただし、その効果は施用 1 年目に比較して枯死株の発生が多くなり、やや減退していた。これらの結果から、有機物を一般農家の慣行施用量よりも多量に施用した場合、その効果は次作目まで持続するものといえる。また、乾燥豚ふん施用土壤の化学性をみると、とくに多量施用区ほど窒素、有効態リン酸、カリ、カルシウム、苦土などが多くなっており、下層土まで養分が富養化してキュウリの生育を助長しているものと考えられる。また、乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリの体内の無機成分のうち、とくに、根部のケイ酸含有率が多量施用区ほど高いことは、ケイ酸がキュウリつる割病の発病に何らかの影響を及ぼしていることも考えられる。このキュウリの抵抗性については、今後、さらに検討する必要がある。

このような乾燥豚ふん施用効果の実験は主として厚層多腐植質黒ボク土で行ってきたが、この技術が土性などの異なる圃場にも応用できるかを検討する必要がある。そのために、岩屑土、砂丘未熟土、淡色黒ボク土、厚層腐植質黒ボク土および細粒低地土を用いて実験をしたところ、いずれの土壤においても顕著な発病軽減効果が認められ、とくに、地力の低いとみなされる砂丘未熟土および岩屑土での効果が高かった。したがって、この技術が応用できる範囲は広範囲となろう。

有機物を土壤に施用した場合、その時期によって各種の障害が生じることが報告されている。沢田(1969)⁸⁵⁾によると、レッドクローバーを春期施用すると、*Pythium* spp.の活性が増加し、施用後13日以内にテンサイを播種すると発芽障害が発生するが、20日以上経過後にはこのような現象は起こらないと述べている。また、Patrickら(1963)⁸⁶⁾は、ムギ類の残さをすきこんだ土壤には、レタス、インゲンなどの種子の発芽や生育を不良にする物質が10~25日頃まで検出されるが、30日以後には検出されず、むしろ、生育を促進する物質が検出されることを報告している。前述したインゲン茎腐病⁸³⁾、アボガド根腐病¹¹⁸⁾およびエンドウ根腐病⁸⁵⁾の場合、C/N比の低い青刈作物をすきこんでから3~4週間以上経過してから作物を栽培すると発病が軽減すると述べられている。このように、土壤へ有機物を施用すると、施用時期によって効果の現れ方が異なり、春期施用は有機物が栄養基質となって病原菌を増加させて発病を助長させることがあり、また、有機物施用後作物を栽培するまでには適当な期間放置する必要のあることなどが示されている。

乾燥豚ふんを土壤に施用する場合においても、施用時期によってキュウリつる割病の発生に及ぼす効果が異なり、定植直前の春期よりも冬期処理の方が良好であった。後者の場合、とくに、乾燥豚ふん施用後に土壤中のB/P値が高まって細菌型に変化し、病原菌の活性を低下させたものと考えられる。松田ら(1979)⁸⁷⁾はC/N比の低い未分解有機物はその施用法によって効果の現れ方が異なることを明らかにしている。すなわち、C/N比の低い風乾クローバーや風乾オーチャードグラスを春期に施用し、ただちにキュウリを播種すると、土壤中の病原菌数は著しく増加し、つる割病の発生も多くなったが、施用後15~20日経過後キュウリを播種すると、病原菌数が無施用よりも多い場合でも発病が軽減された。この原因を明らかにするために、有機物施用後の土壤における水溶性窒素と還元糖の消長、病原菌分生子と厚膜胞子の発芽状況、土壤微生物の変動ならびにキュウリつる割病の

発生を調べた。その結果、有機物施用直後には土壤の静菌作用は一時的に低下するが、2~3週間経過すると、施用前にも増して土壤の静菌作用は高まっていることを明らかにし、発病が抑制されるとみなした。

乾燥豚ふん施用による発病軽減効果はキュウリつる割病の他に、ハクサイ根こぶ病(*Plasmodiophora brassicae*)で認められたが、コンニャク根腐病(*Pythium aristosporum*)、乾腐病(*F. solani* f. sp. *radicicola*)および腐敗病(*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*)ならびにダイコン萎黄病(*F. oxysporum* f. sp. *raphani*)ではほとんど認められず、対象とする病害によって効果の異なることが示唆された。

以上の結果を総括すると、キュウリの連作条件下においても乾燥豚ふんを多量に施用すると、つる割病の発病軽減効果が高く、増収効果も著しいこと、施用時期は栽培前年の冬期施用が良く、その効果は2年目まで継続し、土壤の種類によってその効果は変わらないことが明らかとなった。

2. 乾燥豚ふん施用効果発現の原因解析

1) 土壤および乾燥豚ふんの殺菌とフザリウム病の発生

前項の実験結果から、乾燥豚ふんを多量に土壤施用するとキュウリつる割病の発生を軽減することが明らかになったが、その効果の現れる原因の一端を知るために、土壤および乾燥豚ふんの殺菌による防除効果の変化について検討した。

実験方法

供試土壤は茨城農試場内の厚層多腐植質黒ボク土を5mm目のフルイを通して用いた。これを殺菌しあるいは無殺菌のまま径30cm素焼鉢に5kgずつ充てんした。これらの土壤にキュウリつる割病菌(*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)の土壤フスマ培地培養菌を1鉢当たり20gずつ表層15cmに接種した。接種月日は1979年4月3日である。

4月5日、蒸気殺菌または無殺菌の乾燥豚ふんを10a当たり5tの割合で接種し表土によく混和した。なお、土壤および乾燥豚ふんの蒸気

第52表 土壤および乾燥豚ふんの殺菌，無殺菌とキュウリつる割病の発生

処 理*		乾 燥 豚 ふ ん 施 用				無 施 用			
土壤 殺菌	乾豚 殺菌	苗立数 (本)	草丈 (cm)	枯死株率 (%)	発病株率 (%)	苗立数 (本)	草丈 (cm)	枯死株率 (%)	発病株率 (%)
+	+	8.5	7.6	70.9	100	-	-	-	-**
+	-	9.5	6.1	68.9	100	9.0	3.6	100	100
-	+	9.5	17.7	0	73.9	-	-	-	-
-	-	9.0	17.2	10.0	66.3	6.0	5.8	65.7	90
-	-	8.0	25.2	0	0	8.0	5.8	0	0

(菌無接種)

*印は，+：殺菌，-：無殺菌で表示した。

殺菌は100C，30分間処理で行った。乾燥豚ふん施用後27日目に化成肥料(N：P₂O₅：K₂O=14：14：14)を1鉢当たり7gずつ施用した後、キュウリ(品種：青長地這)種子を1鉢10粒ずつ播種した。播種は5月2日に行った。播種後随時発病を調査し、6月15日には全株を抜きとって発病状況を調べた。なお、実験は各区ともに2連制で行った。

実験結果

実験結果を第52表に示した。殺菌土壤に乾燥豚ふんを施用した場合、その殺菌の有無にかかわらず無殺菌の場合に比較して、キュウリつる割病による枯死株率および発病株率ともに著しく多くなった。なお、施用した乾燥豚ふんの殺菌および無殺菌区の発病軽減効果には大差はなかった。

土壤殺菌を行って病原菌を接種した場合、この実験での殺菌は部分的のため病原菌と残存した土壤微生物がともに増殖し、キュウリつる割病の発生が著しくなったものと考えられることができる。というのは、殺菌土壤に殺菌しない乾燥豚ふんを施用した場合にもキュウリつる割病が同じ程度に発生している事実から、乾燥豚ふん中に存在する微生物は発病抑制に大きな働きをしているとはいえないからである。

無殺菌土壤に乾燥豚ふんを施用した場合、それを殺菌していてもあるいは無殺菌の場合でも

同じ程度に発病抑制作用が働いている。したがって、抑制作用には乾燥豚ふんを栄養源として旺盛に繁殖した土壤微生物によって起ったものであると結論できる。

2) 乾燥豚ふん施用土壤の熱処理とフザリウム病の発生

前の実験から、乾燥豚ふんの施用土壤によるキュウリつる割病の防除効果の発現には、土壤中の微生物が大きな働きをしていることが明らかになった。そこで、本実験ではどのような微生物がこの抑制作用に関与しているのかを、乾燥豚ふん施用土壤を熱処理することによって明らかにし、さらに、他のフザリウム病に対しても同じような作用が認められるものかについて検討した。

実験方法

前年秋期に乾燥豚ふんを施用(10t/10a)した土壤(茨城農試場内、厚層多腐植質黒ボク土)を、径15cm素焼鉢に900gずつ充てんして、100C，30分間および50C，4日間の熱処理を行った。その後、各供試菌、キュウリつる割病菌(*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)、ダイコン萎黄病菌(*F.oxysporum* f. sp. *raphani*)およびトマト萎ちょう病菌(*F.oxysporum* f. sp. *lycopersici*)の土壤フスマ培地培養菌を1鉢当たり5gずつ1979年6月27日に接種した。その後、供試作物のキュウリ(品種：ときわ新

2号), ダイコン(品種:夏みの早生2号)およびトマト(品種:大型福寿)の種子を1鉢当たり10粒ずつ播種した。播種は同年6月29日に行った。播種後随時発病を調査し,7月27日には全株抜取って発病状況を調べた。実験区は各区3連制とした。

なお,最終調査時,乾燥豚ふん施用土壌で萎ちょう枯死しない株の3株ずつのキュウリ根部を供試し,鈴木ら(1965)¹⁰⁷⁾の根圏分画法によって,希釈平板法により根圏の微生物および病原菌の分布を調べた。供試培地は細菌と放線菌ならびに糸状菌に対しては前章(IV-1)のB培地およびRBS培地を,また,病原菌に対しては駒田培地⁵¹⁾を用いた。

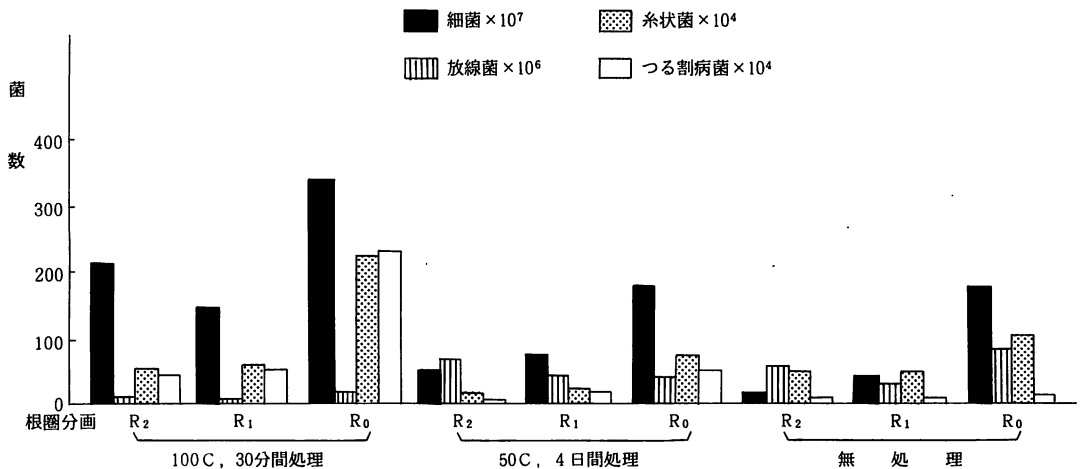
実験結果

第53表に示したように,乾燥豚ふん施用土壌の熱処理によってキュウリつる割病の発病状況に明らかな差が認められる。すなわち,100C,30分間処理土壌ではほぼ全株が枯死するかまたは発病し,これに対して50C,4日間処理では発病状況が著しく軽減していることが認められた。トマト萎ちょう病についても同様の傾向を認めたが,ダイコン萎黄病では熱処理による差異は明らかでなかった。

キュウリを栽培して約1カ月後の根圏の土壌微生物および病原菌数を調査したところ(第17図),100C,30分間処理区の細菌,糸状菌および病原菌数はいずれの根圏分画においても

第53表 乾燥豚ふん施用土壌の温度処理と各種土壌病害の発生

処 理	キュウリつる割病			ダイコン萎黄病		トマト萎ちょう病		
	苗立数 (本)	枯死株 率(%)	発病株 率(%)	苗立数 (本)	枯死株 率(%)	苗立数 (本)	枯死株 率(%)	発病株 率(%)
100C, 30分間処理	9.7	97.6	100	8.3	77.3	6.3	81.7	96.7
50C, 4日間処理	10	23.3	70.0	7.7	77.4	5.0	22.8	30.3
無 処 理	10	10.0	60.0	7.7	73.9	5.3	12.1	29.9



第17図 乾燥豚ふん施用土壌処理とキュウリ根圏の土壌微生物と病原菌数

他の区に比較して著しく多いことが明らかである。しかし、50C、4日間の処理土壌で生育したキュウリ根圏の各種微生物および病原菌数は各根圏分画ともに無処理区のそれらと顕著な差異を認めなかった。

以上の結果から、乾燥豚ふん施用によるキュウリつる割病の発病抑制効果の発現には、50C、4日間の熱処理では死滅せず、100C、30分間の熱処理で死滅するような土壌微生物が関与していることが明らかとなった。しかし、同じ導管病のフザリウム病でも、ダイコン萎黄病のように乾燥豚ふん施用による発病抑制効果が全く認められなかったことは、病原菌の種類によって土壌微生物の作用が一様でないことを示しているものといえる。

3) 乾燥豚ふん施用土壌で育苗したキュウリのつる割病の発生

参考：ダイコンの萎黄病の発生

前項までの実験で、乾燥豚ふん施用の発病抑制効果には土壌微生物が大きく関与していることが明らかになった。本実験では、そのような効果が乾燥豚ふん施用土壌に育苗するだけの短期間でも起こり得るかどうかについて検討した。

実験方法

実験1. 1979年には、前項実験に用いた同乾燥豚ふん施用畑土壌(10t/10a)を径7cmのポリエチレンポットに充てんし、キュウリ(品種：ときわ新2号)種子を3粒ずつ播種(6月27日)した。育苗期間は14日であった。一方、径12cm素焼鉢に100C、30分間蒸気殺菌した土壌200gを充てんし、キュウリつる割病菌(*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)の土壌フスマ混合培地培養菌を1鉢当たり1gずつ接種した。施肥は化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:14:14)を10a当たり50kgの割合で施用した。上記のポリエチレンポットで育てたキュウリ苗の土壌をくずさないようにして、7月11日に上記の病土に移植した。1区4鉢ずつ供試し、3連制とした。発病調査は随時行い、8月11日には全株抜きとって導管褐変の有無を調べた。

実験2. 1980年には、乾燥豚ふん(10t/10aを

1980年4月10日施用)ならびに堆肥(2t/10aを乾燥豚ふん施用年月日に同じ)施用土壌を径7cmのポリエチレンポットに充てんして、キュウリ(品種：ときわ新2号)またはダイコン(夏みの早生1号)を8月25日に3粒ずつ播種して、16日間育苗した。他方、キュウリつる割病菌(*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)およびダイコン萎黄病(*F.oxysporum* f. sp. *raphani*)の土壌フスマ混合培地培養菌を蒸気殺菌土壌(100C、30分間)5kg当たり50gずつ接種した病土をフラワーポット(60cm×17cm×18cm)に充てんした。これに上記のキュウリおよびダイコン苗を土壌をくずさずに9月10に移植した。1鉢当たりポリエチレンポット3個分ずつ移植し、3連制とした。約1カ月間栽培して、随時、キュウリつる割病およびダイコンの萎黄病の発生を調べ、10月11日には残存株を抜きとって調査した。

実験結果

1979年に行った実験の結果を第54表に示した。乾燥豚ふん施用土壌で育苗したキュウリつる割病の病徴発現は、堆肥施用土壌で育苗したものに比べてかなり遅延した。枯死株率、発病株率および導管褐変率のいずれも軽微であった。

また、1980年の結果を第55表に示した。キュウリの場合、乾燥豚ふん施用土壌で育苗したものは堆肥施用土壌で育苗したものに比較してつる割病の発生が著しく軽減した。しかし、ダイコンでは乾燥豚ふん施用土壌と堆肥施用土壌との間で、萎黄病の発生に大差を認めなかった。これら2年間の実験結果から、乾燥豚ふん施用土壌で育苗したキュウリは育苗土壌とともに、病原菌汚染土壌に移植した場合、キュウリつる割病の発生が遅くなり、また、被害も軽かった。このような発病軽減は乾燥豚ふん施用土壌で育苗した結果、一時的につる割病抵抗力が増強したこと、また、汚染土壌に苗と同時にもちこんだ根における育苗ポット内における土壌微生物の活性によって病原菌の活性が抑制されたものと考えられる。これらの考うる可能性のいずれが大きな働きをしているかについては結論できない。

第54表 乾燥豚ふん施用土壌で育苗したキュウリの移植後のつる割病発生 (1979)

処 理	調査株数 (本)	乾燥豚ふん施用土壌育苗			堆肥施用土壌育苗		
		枯死株率 (%)	発病株率 (%)	導管褐変率 (%)	枯死株率 (%)	発病株率 (%)	導管褐変率 (%)
病土定植	12	11.1	88.9	64.8	77.2	100	91.2
健全土定植	12	0	4.2	0.1	0	4.2	0.1

第55表 乾燥豚ふん施用土壌に育苗したキュウリおよびダイコンのフザリウム病発生 (1980)

処 理	キュウリ の生育 (cm)	キュウリつる割病の発生			ダイコン の生育 (cm)	ダイコン萎黄病の発生	
		枯死株率 (%)	発病株率 (%)	導管褐変率 (%)		発病株率 (%)	被害度
乾燥豚ふん 10t/10a	78.9	0	11.1	2.8	27.9	55.6	30.1
堆 肥 2t/10a	17.9	33.3	55.5	50.9	20.3	51.8	27.8

4) 乾燥豚ふん施用土壌に栽培したキュウリ 根圏土壌の病原菌と微生物相

前項の実験結果にみられる乾燥豚ふん施用土壌に栽培したキュウリのつる割病発生の軽減効果がどのような原因によるものか明らかにするため、根圏において病原菌および微生物の変動を明らかにしようと考えた。

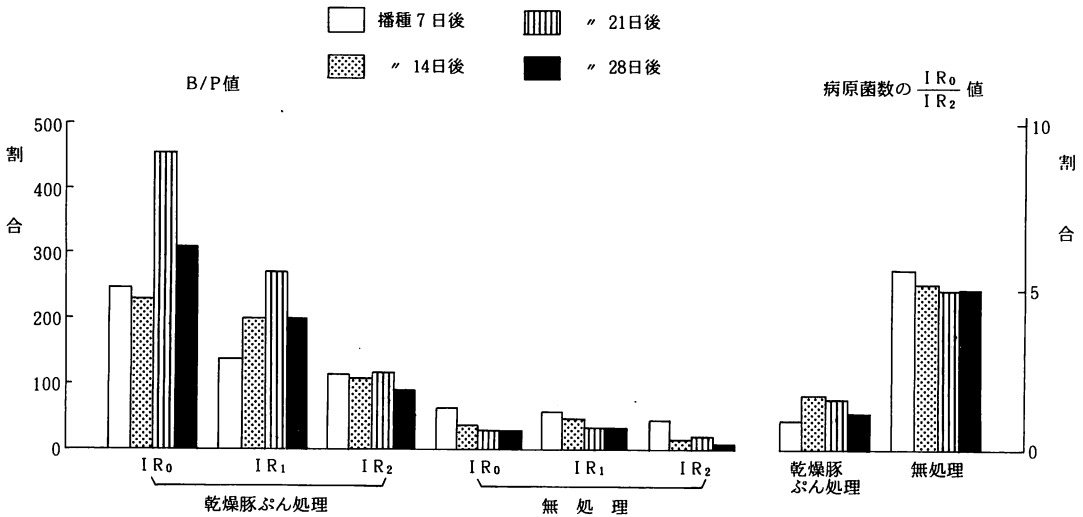
実験方法

茨城農試内の厚層多腐植質黒ボク土(無殺菌) 5 kg 当たりにキュウリつる割病菌の病土(V-1-2)と同様にして作成した)を10g接種したものを、径30cmの素焼鉢に充てんし、乾燥豚ふんを重量比で10% (10a 当たり約5tの施用量)を1975年9月9日に施用し、無加温のガラス室に乾燥しない程度に灌水して1カ月間放置した。その後、キュウリ(品種:青長地這)種子を10月9日に1鉢当たり15粒ずつ播種した。播種後、定期的に1回につきキュウリの苗を4~6本抜きとり、鈴木・石沢(1965)¹⁰⁷⁾の

根圏分画法によって、各根圏区分の土壤微生物および病原菌数を希釈平板法によって測定した。測定は播種後、7日、14日、21日および28日目に行った。供試培地はIV-1で供試したB培地と駒田培地⁵¹⁾であった。

実験結果

実験結果を第18図に示した。乾燥豚ふん施用区で栽培したキュウリ根圏各分画の細菌および放線菌数は無施用区のそれに比べて極めて多く、根面に最も近いIR₀区分の菌数はIR₁、IR₂区に比べ明らかに多かった。なお、IR₀とIR₁の菌数は播種後経時的に増加し、21日目には最大となったが、無施用ではこのような傾向は認められなかった。病原菌数は、乾燥豚ふん施用区のIR₁およびIR₂区分では各調査時期ともに無施用区より多い傾向を示したが、IR₀における病原菌数の消長は乾燥豚ふん施用区および無施用区との間で差異がなかった。また、細菌数+放線菌数/病原菌



第18図 乾燥豚ふん施用土壤のキュウリ根圏における病原菌と土壤微生物の変動割合

数 (B/P 値) をとると、乾燥豚ふん施用区では各分画ともに無施用区よりも非常に高く、根面に近い程その傾向が著しかった。さらに、病原菌の IR_0/IR_2 をみると、乾燥豚ふん施用区では無施用区よりも極めて高かった。

以上のように、乾燥豚ふん施用区では土壤中の病原菌数は増加しているが、土壤微生物とともに、細菌および放線菌数の増殖を助長する。この傾向は根面 (IR_0) においてとくに顕著である。土壤中では病原菌の増殖の場は根面により近いところであり、 IR_0 における B/P 値の増加ならびに病原菌の IR_0/IR_2 の減少から考えると、乾燥豚ふん施用による発病抑制効果は根面で増殖した細菌と放線菌が病原菌の活性を低下させている原因の一つと推察できる。

5) 乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根圏におけるつる割病菌厚膜胞子の発芽

前項の実験から、乾燥豚ふん施用による発病軽減効果は根圏で増殖した微生物の働きが極めて大きいものと考えられた。そこで、このような土壤に栽培されたキュウリ根圏における厚膜胞子の発芽について観察した。

実験方法

Ⅲ-1 に準じて、キュウリつる割病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) の厚膜胞子をスライドグラス全面に形成させたものを供試して観察した。

径 9 cm の素焼鉢にスライドグラスを傾斜して入れ、前項の実験 (V-1-2) と同じ土壤 (乾燥豚ふん 10 t/10 a ならびに堆肥 2 t/10 a 施用) を 2 mm 目のフルイを通して 200 g ずつ充てんした。そして、キュウリ (ときわ新 2 号) を各ポットに 1 粒ずつ播種し、25°C の採光定温器内に 7 日間保った。その後、スライドグラスを取り出して、ローズベンガル液で染色し、キュウリ根圏と非根圏における厚膜胞子の発芽を調査した。各区ともスライドグラスを 5 枚ずつ供試した。

実験結果

観察結果は第 56 表に示した。乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根圏では堆肥施用土壤の場合に比較して、厚膜胞子の発芽が抑制される傾向を示した。また、乾燥豚ふん施用土壤のキュウリ根圏では発芽管の溶解率が高く、発芽管の周辺には細菌が多く観察された。

第56表 乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根圏における厚膜胞子の発芽

土壤処理	キュウリ根圏			非 根 圏		
	調 査 胞子数	発芽率 (%)*	発芽管溶解 率 (%)**	調 査 胞子数	発芽率 (%)*	発芽管溶解 率 (%)**
乾燥豚ふん 10t/10a	113	37.5	56.3	106	3.3	64.0
堆 肥 2t/10a	107	45.8	27.2	108	2.6	68.7

*印は5.0%水準で有意差あり, **印は1.0%水準で有意差あり。

6) 乾燥豚ふん施用土壤中における病原菌密度とキュウリつる割病の発生

前項までの実験結果から、乾燥豚ふん施用土壤中においてはキュウリつる割病菌数はやや増加するものの、つる割病の発生は軽減することが明らかになった。そこで、本実験では、乾燥豚ふん施用土壤における病原菌数とキュウリつる割病の発生との関連について明らかにしようとした。

実験方法

実験1. 1979年に、乾燥豚ふん10t/10aあるいは堆肥2t/10aを施用してキュウリを5年連作、3年連作ならびに初作の圃場から採土して、2mm目のフルイを通して供試土壤とした。土壤900gにキュウリつる割病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) を土壤フスマ混合培地で培養し、風乾した物を5gまたは2g接種してよく混和後、径15cmの素焼鉢に充てんした。その後、キュウリ種子 (品種:ときわ新2号) を1鉢当たり10粒ずつ9月11日に播種した。24日間無加温のガラス室内で栽培してつる割病の発生を調査した。なお、キュウリつる割病の菌数は、キュウリ播種直前に採土して3日後に調査した。病原菌の分離は希釈平板法で行い、供試培地は駒田培地⁹¹⁾とした。

実験2. 1980年に、乾燥豚ふん10t/10aあるいは堆肥2t/10a施用してキュウリを5年連作した圃場ならびに無栽培圃場から採土して2mm目のフルイを通して供試した。供試土壤に接種した病土は次の方法で調整した。茨城農試内厚層多腐植質黒ボク土を120C、30分間殺菌

したものを、径30cm素焼鉢に5kgずつ充てんし、土壤フスマ混合培地で培養したキュウリつる割病菌を約500g接種してキュウリ種子 (品種:ときわ新2号) を1鉢当たり10粒ずつ播種し、約1カ月間栽培し、その後、2mm目のフルイを通したものである。この病土を10g、5gあるいは1gを採取土壤900gに接種してよく混和後、径15cmの素焼鉢に充てんした。キュウリ種子 (品種:ときわ新2号) を1鉢当たり10粒ずつ5月30日に播種し、ガラス室内で45日間栽培して、キュウリつる割病の発生状況を調査した。キュウリ播種直前に採土して、翌日にキュウリつる割病菌数を実験1に準じて調査した。

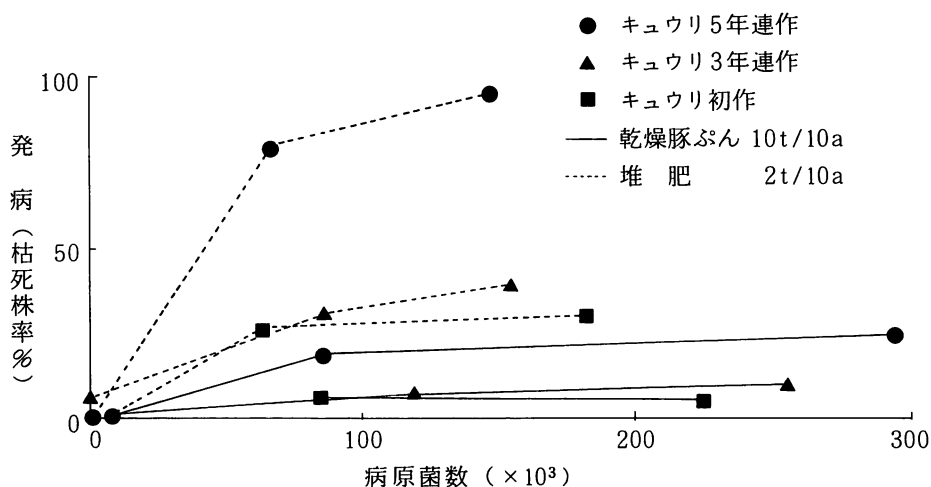
さらに、前述 (V-1-2)) の乾燥豚ふん施用圃場におけるキュウリつる割病の発生と病原菌数との関連をみるために、1975年から1981年まで7年間のデータをまとめてみた。

実験結果

1979年に行った実験は接種病原菌量が多いが気温の低下などつる割病の発生しにくい条件であった。その結果を第57表および第19図に示した。同一病原菌量を接種したキュウリ連作・乾燥豚ふん施用土壤におけるキュウリつる割病の発生はキュウリの連作年数の長い土壤において多発し、とくに、乾燥豚ふん施用土壤に比較して堆肥施用土壤でその傾向が著しかった。キュウリ栽培直前の病原菌密度とキュウリつる割病発生との関係 (第19図) をみると、乾燥豚ふん施用土壤では病原菌数が多いにもかかわらず、発病が極めて少なく、堆肥施用土壤では多発する傾向を示した。病原菌1,000個当たりの枯死

第57表 連作および乾燥豚ふん施用土壤におけるキュウリつる割病菌密度と発病

土 壤 処 理	病原菌 接種量	病原菌数 ×10 ³ (播種前) (A)	苗立数 (本)	発 病 状 況			病原菌10 ³ 個当たり の枯死株率 B/A(%)		
				枯死株率 (%) (B)	発病株率 (%)	導管褐 変率(%)			
キ ュ ウ リ 5 年 連 作	乾燥豚ふん10t/10a	5 g	294.8	10	22.6	22.6	22.6	0.08	
		2 g	86.4	10	16.7	20.8	18.8	0.19	
		0 g	5.4	10	0	3.3	1.1	0	
	堆 肥 2t/10a	5 g	145.5	5	95.2	95.2	95.2	0.65	
		2 g	67.8	4	78.6	86.9	82.7	1.16	
		0 g	2.2	6	0	9.6	2.8	0	
	キ ュ ウ リ 3 年 連 作	乾燥豚ふん10t/10a	5 g	256.4	10	10.0	20.0	14.6	0.04
			2 g	118.9	10	6.6	6.6	6.6	0.06
			0 g	2.2	10	0	0	0	0
堆 肥 2t/10a		5 g	152.7	8	39.3	48.2	40.9	0.26	
		2 g	84.7	8	25.8	41.7	33.2	0.31	
		0 g	0.9	10	6.7	10.0	7.8	7.44	
キ ュ ウ リ 初 作		乾燥豚ふん10t/10a	5 g	224.5	8	3.3	13.3	8.3	0.02
			2 g	83.1	9	3.3	13.3	8.3	0.04
			0 g	1.7	9	0	3.3	1.1	0
	堆 肥 2t/10a	5 g	181.4	10	30.0	43.3	36.7	0.17	
		2 g	60.0	9	20.4	40.6	27.9	0.24	
		0 g	0.2	9	0	0	0	0	



第19図 キュウリ栽培前の病原菌数とキュウリつる割病発生との関係 (1979)

株発生率（枯死株率/病原菌数×10³）を算出してみると、乾燥豚ふん施用土壌で低く、堆肥施用土壌で高かった。さらに、キュウリの連作年数が長くなるほど高くなり、とくに、堆肥施用土壌において顕著であった。

1980年に行った実験2は、病原菌密度を下げ、実際の圃場により近い条件で行った。その結果を第58表および第20図に示した。前年同様にキュウリ連作・乾燥豚ふん施用土壌に同量の病原菌を接種して、つる割病の発生に及ぼす影響を調べた。前年の結果と同じように、キュウリを連作した土壌では初作土壌に比較して発病は著しく、乾燥豚ふん施用土壌よりも堆肥施用土壌においてその傾向が強かった。なお、原因は不明であるが堆肥施用土壌では*Pythium*属菌による苗立枯病が多発した。

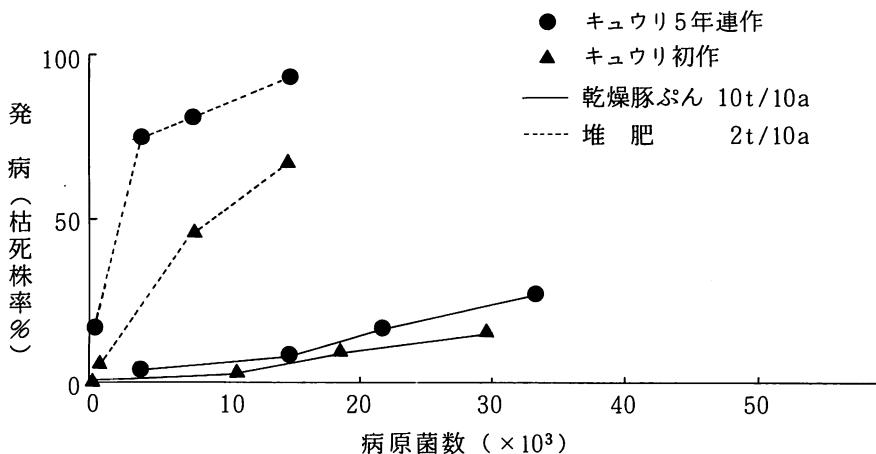
キュウリ栽培直前の病原菌数とつる割病発生との関係を第20図に示した。病原菌1,000個当たりの枯死株発生率（枯死株率/病原菌数×

10³）を算出すると、前年と同様に、乾燥豚ふん施用土壌で低く、堆肥施用土壌で高かった。さらに、キュウリの連作年数が長くなるほど高くなり、とくに、堆肥施用土壌において顕著な傾向も前年と同様であった。そこで、この値を仮に“発病効率”と呼ぶことにすると、乾燥豚ふん施用はそこに生存する病原菌の発病効率を低下させ、逆に、連作は病原菌の発病効率を高めるように働くものと表現できる。

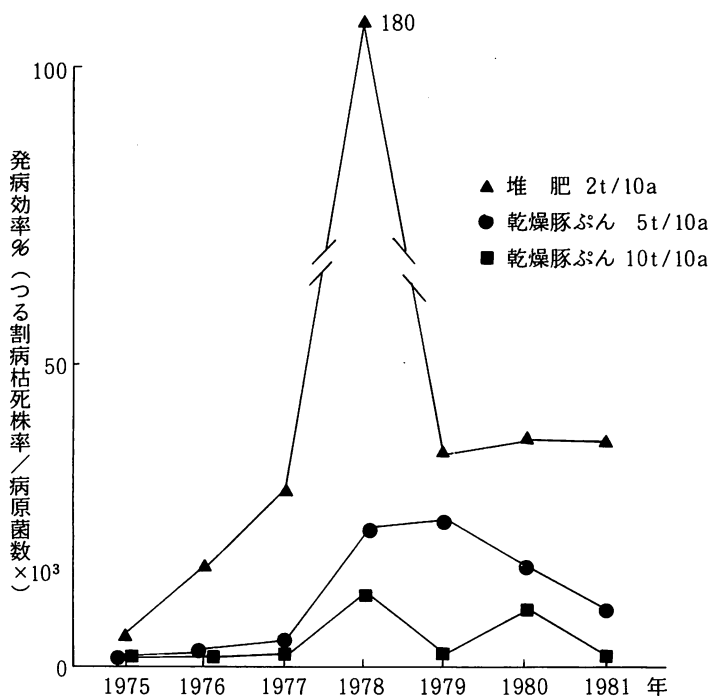
1975年から1981年まで7年間の乾燥豚ふん施用圃場におけるキュウリつる割病の発生と病原菌数との関係を第21図に示した。その結果、前述の2カ年間のポットにおける実験と同様の現象が認められた。すなわち、堆肥施用土壌ではキュウリの連作年数が長くなるにしたがって発病効率は増加する傾向を示したが、乾燥豚ふん施用圃場での発病効率はキュウリを連作しているにもかかわらず抑制された。とくに、乾燥豚ふん10 t/10 a 施用区ではその傾向が大きかった。

第58表 キュウリ連作年数ならびに乾燥豚ふん施用とつる割病発生との関係（1980）

土壌処理	接種 菌量 g/鉢	播種前 病原菌数 ×10 ²	苗立数 (本)	草丈 (cm)	ビシウム 属菌によ る立枯苗 率(%)	つる割病の発生 (%)			病原菌10 ³ 個当たりの 枯死株率 (%)
						枯死 株率	総発病 株率	導管褐 変率	
キュウリ5連作 乾豚 10t/10a	10	33.2	10	31	0	26.7	73.3	53.4	8.0
	5	22.1	10	34	0	16.7	70.0	41.1	7.6
	1	14.8	9.7	37	13.7	8.3	68.5	34.3	5.6
	0	3.7	10	32	6.7	3.7	44.4	22.8	10.0
キュウリ5連作 堆肥 2t/10a	10	14.7	6.3	10	25.6	93.3	100	97.8	63.5
	5	7.4	6.7	8	44.4	80.6	91.7	91.7	108.9
	1	3.7	8.3	10	19.9	74.6	95.2	88.5	201.6
	0	0.7	4.7	10	66.7	16.7	58.3	30.6	45.1
キュウリ初作 乾豚 10t/10a	10	29.5	9.3	31	3.3	15.7	46.7	28.2	5.3
	5	18.4	10	39	6.6	10.8	25.0	13.8	5.9
	1	11.1	10	38	0	3.3	16.7	11.7	3.0
	0	0	10	39	0	0	0	0	0
キュウリ初作 堆肥 2t/10a	10	14.9	6.0	13	22.2	66.7	100	64.9	44.8
	5	7.5	4.3	14	36.1	46.7	66.7	64.4	62.3
	1	0	6.3	19	43.8	4.8	39.3	15.9	0
	0	0	6.7	20	39.5	0	0	0	0



第20図 キュウリ栽培直前の病原菌数とキュウリつる割病発生との関係 (1980)



第21図 キュウリ連作圃場における発病効率の変動 (1980)

7) 考察

古く、King and Hope(1932)⁴⁷⁾は*Phymatotrichum omnivorum*によるワタ根腐病(Texas root rot)に対して鶏ふん、その他の有機物施用の防除効果を認めた。Mitchellら(1941)⁷¹⁾は、この防除効果をもたらす原因について究明

し、これらの有機物は病原菌の菌核の発芽を促進し、また、土壤中の一般的な微生物の活性が高まって菌核が死滅することを明らかにした。この点を考慮して本病を効率的に防除するには、ワタの早生種を栽培して、その収穫後、まだ気温の高い時期に有機物をすきこみ、灌漑して腐

生菌を増加させて病原菌の未熟な菌核を死滅させる方法を推奨した。

ジャガイモそうか病(*Streptomyces scabies*) に対しても古くから各種青刈作物のすきこみの効果が検討され、青刈ダイズのすきこみを行うと発病は軽減するが⁹¹⁾、青刈ライムギ、青刈オオムギおよび青刈クローバーの場合には効果は認められなかった^{91, 93, 94)}。この原因についてしばらく明らかにされていなかったが、Weinhold and Bowman(1968)¹¹⁴⁾は、青刈ダイズあるいは青刈オオムギをすきこむと土壤中の細菌が著しく増殖し、拮抗菌(*Bacillus subtilis*)も増加すること、また、ダイズ施用の際に増殖する拮抗菌の産生する抗生物質の量はオオムギの場合のそれよりも2~3倍も多く、これらの抗生物質の病原菌に対する作用によって発病軽減効果が増加したものと推察している。

要約すれば、ワタ根腐病の場合には病原菌と土壤微生物間の拮抗作用を利用して防除しているのに対して、ジャガイモそうか病の場合には拮抗菌の産生する物質による抗菌作用を利用しているものといえる。

Zentmyer and Thompson(1967)¹¹⁹⁾はアボガド根腐病(*Phytophthora cinnamomi*)に対してアルファルファ粉末または綿実粉末を土壤に多量施用すると、土壤中の細菌や糸状菌が増加し、発病が軽減されたが、アルファルファ茎、インゲン茎、パインのオガクズおよびダイズ粉末では効果がないことを明らかにした。彼らはアルファルファ粉末から抽出したサポニンが、根腐病の卵胞子の発芽を阻害して、圃場における病原菌の遊走子のうの形成数を減少させた原因物質と考えている。Gilpatrick(1969)²⁸⁾はアルファルファ粉末を土壤中に5%の濃度で添加すると、一時的にアンモニアの濃度が高まり、その結果、アボガド根腐病菌の遊走子の発芽を抑制し、また、同菌の菌糸を死滅させた。この他、根面における微生物的活性が高められ、病原菌の活動を抑制することを認め、これらが発病軽減効果のおもな原因であるとみなした。Papavizas(1966)⁸⁵⁾は、エンドウアファノマイセス根腐病(*Aphanomyces euteiches*)に

対して、カンラン、コカブ、カラシナなどの茎葉をすきこむと発病が軽減されることを認めた。その後の研究の結果⁸⁴⁾、これらアブラナ科植物の残さを土壤にすきこんだ場合、分解産物としてメチオニンおよびメチルシステイン硫酸塩のような含硫黄化合物のほか揮発性の含硫黄物質(イソチオシアネート、ジメチルジサルファイドおよびメチルイソチオシアネートなど)が産生し、これらが土壤における病原菌の生育、卵胞子の形成およびその発芽を阻害し、発病を軽減したものと推察している。

Chinnら(1953)¹⁴⁾によると、オオムギすそ枯病(*Helminthosporium sativum*)に対して、土壤中にダイズ粉末を添加すると、分生子の発芽が誘発されたが、その発芽管は土壤中に産生される抗生物質によって分解されて感染能力が低下して発病を軽減したという。このように、土壤中に有機物を施用すると、その体内成分あるいはそれらの分解産物によって病原菌の生活が一部またはかなりの部分が阻害されて発病が抑制される場合がある。

有機物施用による発病軽減効果の機序については、Baker(1968)⁸⁾、Mitchell(1973)⁷⁴⁾およびLewis and Papavizas(1973)⁸⁵⁾の総説が発表されているが、病原菌、作物およびそれらを取りまく土壤微生物などの相互関連を明らかにする立場から、溶菌、抗生、競合および寄生現象などについて論議している。これらの諸総説を含め、これまでの多くの報告を総合してみると、病害抑制の原因とみなされるものは次の5つに要約できる。すなわち、1) 土壤微生物相の変動によって病原菌の活性を抑制する作用、換言すれば、土壤の静菌作用が増強し、その結果として発病の軽減がおこる^{83, 118)}、2) 施用した有機物に含まれるある種の物質成分が直接病原菌の活動を抑制するか、あるいは、他の土壤微生物に作用し拮抗菌の増加にともなって、病原菌密度の減少がおこり発病を軽減する^{27, 119)}、3) 施用した有機物の分解によって一時的に発生する物質が病原菌の活動を阻害する^{28, 54)}、4) キチンを土壤に添加すると、フザリウム菌に拮抗する放線菌が増殖し、それらが分泌する

キチン分解酵素の活性が土壌中で高まり、病原菌の細胞壁が分解する結果、その死滅減少がおこる^{72, 73)}。最後に、5) 作物体の抵抗性が高まる^{55, 78)}。

しかし、実際の場面ではこれらの原因が単独で働くことは少なく、複合して作用するものと推察される。したがって、有機物施用の効果は施用にともなう分解物質の変化、土壌微生物や病原菌に対する直接的あるいは間接的な影響、さらに、作物体の変化など総合的に究明する必要があるだろう。

乾燥豚ふん施用効果発現の原因についても、このような観点にたって検討を加えた。上述の全ての要因について明かにしたわけではないので、一部は推測に頼らざるを得ない点もある。

乾燥豚ふんを殺菌土壌に施用するとその効果がうすれることから、自然土壌中に生息する微生物の関与していることが示唆された。これに対して、土壌に施用する乾燥豚ふんは殺菌あるいは無殺菌によって発病軽減効果に大差のないことから、その中に生存する微生物は軽減効果に関連がないと推定される。そこで、どのような微生物が関与しているのか、乾燥豚ふんを施用した土壌を温度処理して、キュウリつる割病の発生状況をみた。その結果、100℃、30分間処理では全く発病軽減効果が認められなかったのに対し、50℃、4日間処理では無処理の場合と同じように効果が認められた。これらの実験結果を考え合わせると、糸状菌などよりも耐熱性のある細菌と放線菌などが発病軽減効果に関与していると推定される。

乾燥豚ふん施用および堆肥施用土壌で育苗したキュウリを病土に移植してつる割病の発病状況を比較すると、前者は後者に比較して発病は軽減していることは明かであった。その原因の一つとして、苗の生育が著しく良好であったことと同時に、解剖学的にみると導管の褐変の進展が遅れていることも観察されており、乾燥豚ふん施用土壌で育苗した苗では抵抗力が増強されていることも考えられた。

また、乾燥豚ふん施用土壌から分離した細菌

をキュウリ根圏に接種すると、つる割病に感染した場合に導管褐変の上位進展移行が抑制されること¹⁰³⁾から、このような微生物がキュウリの体質を変化させて発病抑制作用に関与していることも考えられる。

乾燥豚ふん施用土壌で栽培したキュウリの根圏においては、根面に近い部分で細菌と放線菌の増殖が顕著であり、逆に、病原菌の増殖が抑制されていた。その状態を光学顕微鏡で観察した結果、キュウリ根圏においては厚膜胞子の発芽が抑制されており、発芽した場合でも発芽管は根圏で増殖した細菌によって溶解するものが多くみられ、前述した根圏での病原菌の増殖抑制をうらざける現象とみなされた。一方、V-1-2)で述べた圃場実験においては、乾燥豚ふん施用土壌中のキュウリつる割病菌の菌数は根面に近接した部分でみられたように減少せず、むしろ、増加していることから、病原菌はキュウリ根圏以外の土壌では乾燥豚ふんを栄養基質として増殖しており極めて興味深い。

キュウリ栽培直前の土壌中の病原菌密度とキュウリつる割病発生との関係を見ると、乾燥豚ふん施用土壌では病原菌数が多いにもかかわらず発病が少なく、堆肥施用土壌では逆に菌数が少ないにもかかわらず発病が多かった。この関係を数量的に把握するために一定病原菌数当たりのキュウリつる割病枯死株率の発生、換言すれば、1%の枯死株率がおこるために何個の病原菌が関与しているかを算出した。これを“発病効率”と呼ぶと、乾燥豚ふん施用土壌では低く、堆肥施用土壌では高い傾向を示した。また、キュウリの連作年数が長いほどこの発病効率は高くなった。

以上の結果を総括すると、キュウリつる割病に対する乾燥豚ふん施用効果の現れる原因は、土壌中とくにキュウリ根圏における微生物活性の増加による病原菌との競合作用ならびに作物体への抵抗性の誘導などの諸要因が総合された結果とみなされる。この効果が発現するに際して土壌微生物のはたす役割は極めて大きいものといえる。

VI 総 合 考 察

作物の病害の発生は病原菌、作物および環境の三者間の相互関係によって引き起こされることは言うまでもないが、土壤伝染性病害の発生は、土壤環境がとくに大きく影響する。それらの中で土壤の理化学的要因とともに生物的要因の占める割合は極めて大きい。従って、輪作や有機物施用などを行って土壤の生物相に変化を起し、それが土壤中の病原菌の生存生育を直接的あるいは間接的に抑制し、さらに、病原菌の侵入蔓延などを抑制するなど、作物体に対し有利に働く場合には土壤伝染性病害の生態的防除として極めて有効な手段となり得る。本研究では、土壤中におけるフザリウム菌、主としてキュウリつる割病菌の生態を明らかにするとともに、それが輪作ならびに乾燥豚ふん施用による病害の生態的防除法の有効性とどのように関連しているかを究明しようと考えた。

厚膜胞子形成について

土壤中におけるフザリウム菌の生活において、厚膜胞子は土壤中での残存形態であるので、土壤伝染性フザリウム菌の生態と病害発生を明らかにする上で重要な鍵となる。本実験で供試したキュウリつる割病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)、トマト萎ちょう病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *lycopersici*)、エンドウ根腐病菌 (*F.solani* f. sp. *pisi*) およびリクトウ株枯病 (*F.moniliforme*) の分生子の発芽ならびに厚膜胞子形成は無殺菌土よりも殺菌土で良好であり、菌種ならびに小型分生子と大型分生子の違いによってもそれらに差のあることが認められた。また、*Fusarium oxysporum* および *F.solani* は厚膜胞子を形成して、土壤中に残存したが、*F.moniliforme* が形成しないことは特異的であり、これらの差異については既知の報告^{25, 43, 77, 97, 110, 113}) と一致した。また、土壤の静菌作用をキュウリつる割病菌の小型分生子の発芽でみると、砂丘未熟土および淡色黒ボク土では低いが、厚層多腐植黒ボク土や厚層腐植黒ボク土では高く、さらに、厚膜胞子

形成やつる割病の発生と合わせて考えると、厚層多腐植黒ボク土および厚層腐植黒ボク土はこれまでに知られているような抑止型土壤^{11, 105}) といえる。

厚膜胞子の発芽について

厚膜胞子の発芽には作物根から分泌される各種の糖類、アミノ酸および有機酸などの供給が不可欠であることが、*F.solani* f. sp. *phaseoli* の多くの研究で明らかになっている^{10, 96~99, 110})。本実験で供試したキュウリつる割病菌 (*F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) の厚膜胞子でも、無殺菌土中ではほとんど発芽しなかったが、その土壤にグルコース、キシロース、フラクトース、バリン、アスパラギンおよびグルタミンなどを500ppm以上添加した場合ならびに土壤を蒸気殺菌した場合に、発芽は極めて良好になった。すなわち、キュウリつる割病菌厚膜胞子の発芽においても、栄養源の供給は不可欠であった。一方、グルコースを土壤添加した後の胞子の発芽持続期間をみると、添加後24時間目には、厚膜胞子の発芽に有効な約2,000ppmの還元糖が存在していたにもかかわらず、発芽は極めて低くなった。これは土壤中著しく増加した細菌との間に基質競合が起こって、厚膜胞子の発芽が抑制されているものと考えられる。このような現象からすると、土壤中における厚膜胞子の発芽には微生物の果たす役割は極めて大きいものと言えらる。

感染能力について

土壤中におけるフザリウム菌の永存形態は厚膜胞子である。発病を予測するためにはこの厚膜胞子の発病に関与する能力を明らかにする必要がある。Garrett(1956)²⁶) はその著書のなかで、土壤病害の発生量を予測するために、土壤中の病原菌の感染能力 (inoculum potential) を把握することを指摘した。感染能力という概念は具体的には土壤中の病原菌数、その持つエネルギー、その感染の環境条件を総括したものであるが、病原菌数とその根幹をなすものと言

える。そこで、*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* の菌数と発病との関係について検討した。その結果、病原菌を土壤に人工的に接種した際は検出された病原菌密度と発病程度とはほぼ一致していた。この結果は、Cook(1968)¹⁸⁾、Baker and Cook(1974)⁷⁾、駒田⁵¹⁾が報告していると同様で、第2図に示したような相関関係が存在する。また、現地圃場から採取した土壤中の病原菌数と、そこに栽培したキュウリの発病との関係もこの曲線式とほぼ一致した。現地圃場土壤にキュウリを栽培した場合には、菌密度はほとんど乾土1g当たり $10^3 \sim 10^4$ 個であるが、それに対応して発病程度が高くなる傾向があった。

このように病原菌を人工的に接種した土壤と、自然感染土壤における発病程度に差が存在することには考慮すべき問題点がある。現地圃場でのサンプル法にも問題があるが、Ⅲ-1で述べたように、フザリウム菌胞子の土壤における発芽生態を考慮すると、土壤中の病原菌の生存形態が厚膜胞子、菌糸あるいは分生子の場合とでは感染能力に差異のあることが推察されるので、培地上に分離された病原菌コロニーがこれらのいずれに由来するものかによって、発病程度に差異が生じたとも言える。従って、現地圃場土壤中の病原菌の適確なサンプリング法ならびに病原菌の感染能力の検定法などを確立することが今後の問題であろう。

さらに、発病誘因としての環境条件、なかんずく土壤条件は重要である。同じ病原菌密度をもつ土壤においてもその土性によって発病程度が低い場合には、その土壤が発病抑止型であることも意味している。Burke(1965)¹¹⁾やSmith(1977)¹⁰⁵⁾が述べているように、土壤検診にあたってはこの点も十分に考慮する必要がある。また、前述したように、有機物や石灰施用が病原菌の感染能力に及ぼす影響、有機物の種類による病原菌および作物に与える各種の影響、さらに、作物への抵抗性賦与^{48, 70)}など各種の影響が認められる。従って、土壤に与えた各種の影響によって感染能力が影響をうけ、必ずしも一定の傾向を示さない場合があるものと考えら

れる。さらに、後述する連輪作あるいは複合病としての土壤線虫の影響も考慮すべきであり、今後、これらの個々の環境要因について明らかにされなければならない。

キュウリつる割病に対する輪作の効果

土壤伝染性病害の軽減あるいは防除のために輪作が効果的であることについては多くの研究がある。とくに、宿主特異性の強い病原菌の場合に効果が認められる。既往の研究^{37, 58, 112)}によると、フザリウム病は一般に、非宿主作物であるイネ科作物やアルファルファを含む輪作を行うことによって軽減されると報告されている。Ⅳ-1で明らかになったように、キュウリつる割病の発病は前年に栽培した夏作物の種類によって大きく影響を受け、トウモロコシ、リクトウ、ラッカセイ、サツマイモ、ネギおよびダイコンなどの跡地で軽減したが、ダイズおよびトマト跡地ではキュウリ連作畑と同様に多発した。とくに、トウモロコシ栽培による発病軽減効果は3年間持続した。発病の少ないリクトウおよびトウモロコシ栽培畑では、病原菌密度は減少しており、病原菌の活性を示す指標となるB/P(細菌数+放線菌数/病原菌数)値が高くなっている。この数値から、畑土壤中の微生物の著しい増加とともに病原菌に対する拮抗あるいは栄養競合が起こり、その結果、発病が減少したのではないかと推定した。次ぎに、連輪作土壤に接種した*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*の小型分生子の発芽状況によって土壤中の静菌作用を推定したが、両土壤におけるつる割病発病との間に相関関係は認められなかった。これに対して、発病の多くみられたキュウリ、トマトおよびダイズ跡地土壤では厚膜胞子形成が多く、発病の少ないリクトウおよびトウモロコシ栽培跡地土壤では少ない傾向が認められた。この結果は、リクトウおよびトウモロコシ跡地で病原菌密度が減少している現象を裏付けているものである。さらに、病原菌の密度のみならず、病原力に及ぼす影響についても考慮する必要がある。本実験では、キュウリつる割病菌に対しての調査は行わなかったが、伊藤(1975)⁴²⁾がインゲン根腐病で病原菌の栄

養基質の違いによって病原力の異なること、また、東田ら(1982)⁸⁴⁾がタマネギ連作土壌では輪作土壌に比較して、タマネギに病原力の強い *F.oxysporum*が多いことなどの報告からすると、前作のC/N比の違いあるいは前作が宿主作物なのかあるいは非宿主作物なのかによって、キュウリつる割病菌の病原力も異なることは十分に考えられる。

キュウリつる割病菌の孢子発芽に対する各種作物根圏の影響

次に、前述した輪作の発病軽減効果を作物根圏における病原菌の生態的な場面から考察してみる。

植物根圏と土壤微生物との関係は初め微生物の生育が著しく促進されている場として認識されたことに始まっている³⁵⁾。また、そこで生育している微生物はそこから離れた土壌中に生息しているものとは諸性質を異にすることが明らかにされた⁸⁶⁾。このような微生物特異性は植物根圏から分泌される栄養物質に左右されると考えられる。分泌物は根の周辺に拡散し、そこに生息する微生物によって消費される。従って、拡散する物質は次第に減少して微生物の活性は減退する。キュウリつる割病菌の宿主作物であるキュウリの根圏では、孢子の発芽は最も良好であり、その影響距離は24時間で1,200~1,300 μ mにも及んでいるが、Papavizas and Davey(1961)⁸⁴⁾がルーピンの根圏で若い根の影響は一次根の根面から直角の方向に18mmの距離まで及んでいると報じていることから考えると、キュウリ根圏でもさらに大きい根圏効果を示すものと推察される。また、キュウリつる割病菌の小型分子子がキュウリ以外の非宿主作物根圏でも発芽が認められたことは、Schroth(1963)⁸⁸⁾らが *F.solani* f. sp. *phaseoli* の厚膜孢子で行った実験結果とも一致した。

このような根圏効果をより細部に明らかにするために、鈴木・石沢(1965)¹⁰⁷⁾は根圏を細かく分画する、いわゆる“根圏分画法”を考案した。著者は、この根圏分画法を用いてキュウリ根圏における *F.oxysporum* f. sp. *cucumerinum* の菌密度を調べたところ、根からやや離れた部

域に比較して根に最も近い部域、いわゆる根面における密度が著しく高くなっていた。これは根面から病原菌の利用できる栄養基質が分泌され、その増殖の場となっていること^{31, 77, 84, 92)}を示している。病原菌は冬期間に採集した雑草根圏にも認められることから、そこでも生存の可能なことが示唆された。各種作物根圏および非根圏における病原菌の生存を比較すると、その宿主であるキュウリ以外の作物根圏では増殖は少なく、とくに、リクトウ、トウモロコシの根圏ではむしろ減少しており、これらの根圏では菌の活性低下が起っていることが暗示された。

また、キュウリつる割病罹病品種、青長地這および長型新ときわの根圏では病原菌の増殖が認められたが、抵抗性品種、松のみどりではかえって抑制されていた。このような現象は、アマの立枯病でTimonin(1941)¹⁰⁹⁾が、また、エンドウの根腐病でBuxton(1957)¹²⁾が報告しているように、キュウリにおいても抵抗性品種は何らかの生育阻害物質を分泌して病原菌の増殖を抑制しているのではないかと推察される。

上述したように、抵抗性品種のみならず、各種の非宿主作物根圏では病原菌の増殖が抑制されている。この点については、これまでいくつかの報告がある^{22, 87)}。このように、作物根圏は病原菌を増殖させる作用および抑制する作用という矛盾する二面性をもっている。輪作によるキュウリつる割病の発病軽減効果は、すでに述べたように、土壌中の病原菌密度の減少および病原力の低下によるものと、イネ科作物のように病原菌の感染能力を抑制する作物を輪作栽培体系に組み入れ、また、抵抗性品種を栽培するなど作物根圏効果をより有効に利用するように図ることが望ましいと言える。

ネコブセンチュウ寄生ならびにキュウリつる割病発生と輪作

次に、輪作による発病軽減効果の現れる要因として、複合病の面からネコブセンチュウ寄生と発病との関連を明らかにする必要がある。

Atkinson(1892)⁴¹⁾、桂(1959)⁴⁴⁾、Krusberg(1963)⁶³⁾、稲垣(1965)⁴⁰⁾、河村・平野(1968)⁴⁸⁾、平野(1980)³⁶⁾らがすでに各種作物のフザリウ

ム病の発生と線虫寄生との関係について報告した。著者は前述したキュウリつる割病ならびにトマト萎ちょう病⁸²⁾の圃場における発生程度がネコブセンチュウの寄生によって助長される傾向を認めた。この助長効果について明らかにするために、ネコブセンチュウの寄生しているキュウリ根圏における病原菌、微生物の変動および寄主の生理的变化などについて検討を加えた。このようなキュウリ根圏では、病原菌、細菌および糸状菌数が顕著に増加していた。そのうち、病原菌はネコブセンチュウの宿主が肉眼的に確認できる頃から顕著に増加している。これは、Bergesonら(1970)⁸¹⁾が述べているように、ネコブセンチュウの寄生によるゴールが肥大するとともに根の活性が高まり、根からの分泌作用が盛んとなり、そのような分泌作用によって厚膜胞子の発芽を促進して病原菌を活性化するものと考えられる。彼らは、また、ネコブセンチュウの寄生した根圏では放線菌数が著しく減少する事実に基づいて、病原菌以外の根圏微生物の生理的平衡状態が変化すると述べているが、著者の調査ではキュウリ根圏の細菌および糸状菌数は増加していたが、放線菌数の減少は認められなかった。

ネコブセンチュウ寄生根では健全根に比較して可溶性糖類および炭水化物量がやや減少し、可溶性窒素が増加していることが明らかとなった。この傾向はOwens and Novotny(1960)⁸²⁾およびDavis and Jenkins(1963)²¹⁾の結果とも一致していた。さらに、寄生根のゴールの表皮細胞の浸透圧は増加して透過性が高まること、また、ゴール形成の著しい時には根の活性を示すTTC還元力が一時的に高くなって、根の呼吸能力が極めて激しくなっていることなどの寄生根の生理的变化の現象からすると、寄生根で増加した可溶性窒素が根面微生物に養分を供給し易い状態になっていることがうかがわれた。ネコブセンチュウ寄生根面での細菌ならびに病原菌数の著しい増加はこのような現象を裏付けているものと考えられる。一方、圃場においてネコブセンチュウ寄生度を増加させるダイズおよびトマトの栽培跡地土壌を殺線虫剤で処理す

ると、キュウリつる割病の発生が軽減することからしても、輪作によるキュウリつる割病の発病軽減効果にはネコブセンチュウ寄生が大きな影響を及ぼしていることが示唆される。

キュウリつる割病に対する乾燥豚ふん施用効果

有機物施用によって土壤伝染性病害を防除する試みは古くから行われている。キュウリつる割病に対しては多くの有機物の中でとくに乾燥豚ふん施用の発病抑制効果が顕著であった。そこで、この乾燥豚ふん施用の効果について考察してみる。

畑土壌では多種多様の土壤微生物が生活しており、これらが土壤病害を起こす病原菌の活動に直接、間接に影響していることが知られている。Lockwood(1964)⁸⁷⁾によって報告された土壤の静菌作用(soil fungistasis)は、土壤中で菌類の発芽や菌糸の生育が抑制される現象である。土壤の静菌作用が強い場合、そこに新たに入る病原菌に作用して土壤への定着を阻止し、また、すでに定着している病原菌の活動を抑制する現象が生ずる。有機物などを施用して土壤病害の発生を軽減しようとする場合、土壤の静菌作用を増強することは一つの方法と考えられる。

このような観点にたつて、著者は手初めてポット試験によってキュウリつる割病に対して高い軽減効果を示す有機物を探索した。その結果、供試した各種有機物のなかで乾燥豚ふん施用が極めて高い防除効果を示した。導管褐変を指標とした総発病株率は無施用区のものとは有意差は認められなかったが、萎ちょう枯死株率が著しく減少していた点が特徴的であった。次に、キュウリ連作圃場において乾燥豚ふんを毎年10a当たり5~10t連用した場合、つる割病の発生は、クロルピクリン剤で処理した場合とほぼ同等に軽減された。施用量を減じた場合にもキュウリの生育も旺盛で増収効果も極めて高かった。さらに、キュウリの7年連作畑においても乾燥豚ふんを連用するかぎりその効果は持続した。

乾燥豚ふん施用土壌中の病原菌数は堆肥施用土壌に比べて多くなっていたが、細菌と放線菌

数が著しく増加していたために、細菌と放線菌数に対する病原菌数の比、B/P値は極めて高くなっていた。乾燥豚ふん施用によって土壌は、竹下ら(1977)¹⁰⁸⁾、石上ら(1976)⁴¹⁾が述べているように、細菌型土壌に変化し、病原菌の活動を抑制していることがうかがわれた。なお、この効果は多量施用の場合ほど顕著であり、翌年まで残効が認められた。また、土壌の種類に関係なく、とくに地力の低い土壌での効果が高い傾向が認められたことは乾燥豚ふん施用の有用性を示していると言える。

そこで、各種土壌病害に対する乾燥豚ふん施用の効果について検討した。その結果、キュウリつる割病に対しては言うまでもなく、ハクサイ根こぶ病でも軽減効果を認めたが、キュウリつる割病と同じ導管病であるダイコン萎黄病、さらにコンニャク根腐病、同乾腐病に対してはほとんど効果を認めなかった。この様に同じフザリウム病でも発病軽減効果に差が生じた原因は、乾燥豚ふんの病原菌への直接的な作用とは考えられず、根腐を起こす*F. solani*で効果が認められないのに対し、導管病を起こす*F. oxysporum*で効果が認められたこと、さらに、同じ導管病でもダイコン萎黄病では一部の導管とくに、直根部が褐変するとただちに地上部は枯死に至るのに対して、キュウリつる割病では導管の褐変が認められても地上部は枯死しない場合が多いことから推察すると、病原菌の侵入部位の差あるいは侵入してから病徴発現までの過程の差によって発病軽減効果が現れることも考えられる。

乾燥豚ふん施用時期を変えた場合の効果は、施用後にB/P値が高まる冬期施用の方が春期施用よりも良好であった。すなわち、乾燥豚ふんのようにC/N比の低い有機物を施用すると、これが土壌微生物および病原菌の栄養基質となって、これらを増殖させる。

Patrickら(1963)⁸⁹⁾はオオムギ、ライムギ、コムギおよびチモシーの茎葉を土壌中に埋没すると植物に有害な物質を生じ、この物質がインゲンに作用すると*F. solani* f. sp. *phaseoli*による根腐病の発生を助長すると述べている。また、沢田(1969)⁹⁵⁾は緑肥施用直後にテンサイ、エ

ンバクを播種すると、土壌中の*Pythium* spp.の活動が旺盛になって発芽障害および生育障害が起きることを報じている。さらに、松田ら(1976)⁶⁷⁾は土壌中に新鮮な有機物とくにC/N比の低い風乾クローバーを施用すると、水溶性の窒素化合物や還元糖が供給されるために土壌中の微生物相の活性は高まるとともに、土壌静菌作用は低下したが、施用後15日以上経過すると、かえって、土壌静菌作用は高くなる傾向を認め、そして、土壌静菌作用の低下している時期にキュウリを播種すると、つる割病の発生が多くなることを報告した。これらの報告をあわせ考えると、有機物施用後に一定の放置期間を置いて作物を栽培した場合に発病抑制が起こったのであろう。

このような乾燥豚ふん施用効果の現れる原因について考えてみる。乾燥豚ふんは蒸気殺菌あるいは無殺菌の状態でもその軽減効果に変わりない。従って、乾燥豚ふんの微生物による直接的な効果ではないといえる。これに対して、乾燥豚ふんを施用前に対象土壌を蒸気殺菌すると効果が減退した。これらの事実から畑土壌に生息する微生物が効果に関与していることが暗示される。そこで、乾燥豚ふん施用土壌を100°C、30分および50°C、4日間の温度処理を施し抑制効果を調べた。その結果から、効果発現に関与しているのは糸状菌などよりもむしろ比較的耐熱性の細菌と放線菌であることが示唆される。この種の細菌および放線菌の中でどのような種に属するものか、また、どのような働きによって病原菌の活動に関与しているか特定することは行わなかったが、今後探求すべき課題である。一方、乾燥豚ふん施用土壌に育苗したキュウリ苗をつる割病菌の病土に移植すると、対照の堆肥施用土壌に比較して発病は明らかに軽減した。そして、キュウリの導管部褐変の上位進展は、前者で遅延することが認められており、乾燥豚ふん施用土壌に栽培したキュウリにおいて、病原菌が根部から侵入してから病徴発現に至るまでの防衛反応についても、今後究明すべき課題であろう。

乾燥豚ふん施用土壌における発病抑制現象を

解析するため、キュウリ根圏における病原菌の状態を観察した。キュウリ根圏では病原菌の孢子発芽が抑制されており、さらに、発芽した孢子も根面で溶解しているものが多く観察された。溶解した発芽管の周囲には細菌が多く観察されることから、乾燥豚ふん施用土壤中のキュウリ根圏において旺盛に増殖している細菌が病原菌の増殖を抑制していることと関係があるように考えられる。

これに対して、Zentmyer and Thompson (1967)¹¹⁹⁾、Gilpatrick(1969)²⁸⁾、Chinnら(1953)¹⁴⁾およびLewis and Papavizas(1971)⁵⁴⁾によれば、有機物を土壤に施用した場合、病原菌に対する有害物質が産生されると報告されている。乾燥豚ふん施用土壤中ではキュウリつる割病の発生は抑制されているが、病原菌数はかなり多く、そのような物質の産生はないものと考えられる。また、乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根圏から分離した細菌および放線菌がいずれも病原菌に対する拮抗性の強いものが見出されなかったこと¹⁰³⁾から、Mitchell and Alexander(1962)⁷²⁾およびMitchell(1963)⁷³⁾のいうように拮抗菌によって、直接に病原菌数が減少するとは考えにくい。

乾燥豚ふん施用土壤と堆肥施用土壤における病原菌数と発病との相関性についてみると、前者ではキュウリつる割病菌数が多いのかかわらず発病は少なく、後者では、病原菌数が少ないのかかわらず、発病は多くなった。このような矛盾を明らかにするために、発病株率と

くに、枯死株率と病原菌数との比を算出した。これを“発病効率”と呼ぶと、この発病効率は乾燥豚ふん施用土壤では堆肥施用土壤に比較して極めて低いことが注目される。これは前述したように、乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根面では著しく増加した細菌と放線菌との競合によって病原菌の活性が低下していることによるものと考えられる。また、この発病効率は輪作に比較して連作で高くなる傾向のあることが示された。

以上、土壤中におけるフザリウム菌の生態を明らかにしつつ、病原菌密度と土壤微生物相との関連の面からキュウリつる割病の生態的防除法の有効性を明らかにしようとした。その結果、輪作におけるイネ科作物栽培ならびに土壤への乾燥豚ふん施用の発病抑制効果は、土壤微生物の増加によるところが極めて大きいことが明らかになった。すなわち、微生物的活性が高くなることによって病原菌の活動が抑制され、キュウリつる割病の発生が軽減するものと考えられた。しかし、その効果は輪作においてはネコブセンチュウ寄生の影響も大きく受けるし、乾燥豚ふん施用では作物体への抵抗性付与などが示唆され、発病抑制効果の発現要因は一様でない。さらに、同じフザリウム病でも乾燥豚ふん施用の効果は様々であり、今後、多くの病害についてこれらの要因を究明することによって、土壤伝染性病害に対する生態的防除法の有効性がより一層明確になるものと考えられる。

VII 摘 要

本論文は*Fusarium*菌の土壤中における行動ならびにキュウリつる割病に対する輪作と有機物施用による生態的防除法についての研究をとりまとめた。

1. 土壤中におけるフザリウム菌の生態

1) 土壤中におけるフザリウム菌分生子の発芽および厚膜胞子の行動

(1) フザリウム菌(キュウリつる割病菌, トマト萎ちょう病菌, エンドウ根腐病菌およびリクトウ株枯病菌)を供試して, 土壤中における分生子の発芽状況ならびに厚膜胞子の形成を観察した。その結果, それらは無殺菌土よりも殺菌土で良好であり, また, フザリウム菌種ならびに小型分生子と大型分生子の違いによっても差のあることが認められた。

(2) 茨城県内におけるおもな土壌4種類を用いて, フザリウム菌分生子の発芽および厚膜胞子形成を観察したところ, 土壌の種類によって異なっていた。

(3) キュウリつる割病菌厚膜胞子の発芽は5~35Cで認められたが, 発芽最適温度は25~30Cであった。また, 土壌水分含量が飽和含水量の30~50%では, 発芽率は大差なく, 栄養源が与えられると良く発芽した。

(4) キュウリつる割病菌厚膜胞子の発芽はグルコース, キシロース, フラクトース, バリン, アスパラギン, グルタミンおよびコハク酸添加土壌で良好であった。とくに, グルコースで最も良く, 500, 1,000, 2,000ppmの各濃度では, 濃度が高くなるほど発芽は良好であった。しかし, メチオニン, クエン酸はいずれの濃度でもほとんど発芽しなかった。

(5) グルコース添加後12時間目までには, キュウリつる割病菌厚膜胞子の発芽は良好であった。しかし, 添加後24時間目には, 厚膜胞子を発芽させ得るに十分な還元糖量が残存していたにもかかわらず, ほとんど発芽助長効果は認められなかった。これは土壌中で著増した

細菌との間に基質競合が起こり, 発芽が抑制されているものと考えられる。

2) キュウリつる割病発生と病原菌の感染能力との関係

(1) キュウリつる割病菌の原病土を希釈して, 播種前の病原菌密度を測定するとともに発病の推移を調べた。その結果, 両者には相関関係が認められ, あらかじめ土壌中の病原菌密度を測定することによって, キュウリつる割病の発病をある程度推定できることが明らかになった。

(2) 現地圃場においても, 土壌中の病原菌密度を測定することによって, キュウリつる割病の発病をある程度推定できることが可能であると考えられた。しかし, ほぼ同一の菌密度でも, 土壌の種類によって発病に差があるのは, 病原菌密度のみならず他の要因をも考慮する必要のあることを示している。

(3) 病原菌量が同一であっても, 土壌の種類によってキュウリつる割病の発生は異なっていた。すなわち, 淡色黒ボク土と砂丘未熟土に比較して, 厚層多腐植質黒ボク土と厚層腐植質黒ボク土では発病が軽減した。

(4) 病原菌量が同一であっても, 土壌に施用した有機物の種類および消石灰施用の量によって発病におよぼす影響は異なってくることが示された。

2. 連輪作がフザリウム病の発生に及ぼす影響

1) 病原菌と土壌微生物相の変化からみたフザリウム病の発生

キュウリつる割病を対象として4年間各種作物の連輪作を行った。その結果, 連輪作にともなって発病, ネコブセンチュウ寄生度, 病原菌数ならびに土壌微生物とくに細菌と放線菌数はそれぞれ変動した。そして, リクトウ, トウモロコシ, ラッカセイ, サツマイモ, ダイコンなどとキュウリを輪作すると, 発病は著しく軽減したが, この効果には病原菌の増加が抑制され

ること、土壤中の細菌と放線菌の著増によって、細菌数+放線菌数/病原菌数（B/P値）が高くなることならびにネコブセンチュウの寄生度が低くなることなどが関与しているものと考えられた。

2) 連輪作土壤中における病原菌の行動

(1) キュウリつる割病の発生は病土接種量の多少によって幾分傾向は異なるものの、キュウリ、トマト、ネギおよびダイズ栽培土壌では発病が多く、リクトウ、トウモロコシ、ダイコン栽培土壌および休かんでは少なかった。一方、病原菌数の変動をみると、リクトウ、トウモロコシ、ダイコンおよびネギ栽培土壌では少なく、キュウリ、トマトおよびダイズ栽培土壌では増加し、この病原菌数の増減はキュウリつる割病の発生とほぼ一致するようであった。

(2) 病原菌の厚膜孢子形成は、作物栽培跡地土壌の殺菌あるいは無殺菌にかかわらず、キュウリ、トマトおよびダイズ栽培土壌で比較的多く認められたが、リクトウおよびトウモロコシ栽培土壌ではかえって少ない傾向が認められた。

3) 作物根とフザリウム菌の行動

(1) キュウリつる割病菌小型分生子の発芽に及ぼす作物根の影響距離は、宿主作物のキュウリ根で他の非宿主作物に比較して大きく、約1,200~1,300 μmであり、孢子の発芽管の伸長も宿主作物で良好であった。

(2) 土壤中におけるフザリウム菌の分布を見ると、土壌および根圏土壌ともに、深度0~3 cmにおいて最も多く、深層になるほど減少した。また、キュウリ根圏における病原菌の分布は根面に近いほど増殖には好適であると考えられた。

(3) 各種作物根圏における病原菌の分布をみると、各分画ともにトウモロコシの根圏で極めて減少し、キュウリ根圏では増加した。キュウリつる割病罹病性品種の長型新ときわおよび全国四葉の根圏の病原菌数は増加したが、抵抗性品種の松のみどりでは増加が抑えられた。

(4) 作物無栽培ならびに作物栽培土壌ともに、キュウリつる割病菌の分布は枕状に分布が拡大し、垂直よりも水平方向に拡大しやすいようであった。この分布範囲はキュウリ栽培区で最も

広くなり、リクトウ栽培区および作物無栽培区では狭かった。

4) 連輪作土壤中におけるネコブセンチュウ寄生とフザリウム病の発生

(1) ネコブセンチュウ寄生根圏における病原菌数はキュウリつる割病の発病、無発病にかかわらず、寄生度が高くなるにつれて増加する傾向を示した。また、細菌と放線菌も同様の傾向を示し、ネコブセンチュウ寄生根圏は微生物的に著しく活性をもつ場になっていることを示していた。また、病原菌の増加する時期よりもネコブセンチュウの被害、すなわち、ゴールの肥大し始める時期の方が早かった。

(2) ネコブセンチュウの寄生したキュウリ根のゴールの浸透圧は健全根に比較して高くなり、TTC還元力は逆に低くなった。しかし、ゴールの肥大する時期には一時的に、TTC還元力が高くなり、この時期には根の呼吸能が異常に高くなっているものと考えられた。

(3) ネコブセンチュウの寄生したキュウリの根は健全根に比較して、可溶性糖類および炭水化物がやや減少した。また、全窒素と水溶性窒素が増加する傾向を示し、C/N率はネコブセンチュウ寄生によって低下した。一方、ネコブセンチュウの寄生したゴールは健全根に比較して、キュウリつる割病菌分生子の発芽率を高めた。

(4) 殺線虫剤処理によっていずれの作物栽培跡地土壌においても、キュウリつる割病の発生は軽減した。無処理区と比較してみると、ダイズおよびトマト栽培土壌の発病はかなりネコブセンチュウ寄生の影響が大きいものと推察される。

3. 有機物とくに乾燥豚ふん施用によるフザリウム病の防除

1) 各種有機物および乾燥豚ふん施用によるフザリウム病の防除

(1) ポット実験で供試した有機物の中で、キュウリつる割病の萎ちょう枯死株が最も少ないのは乾燥豚ふん施用区であった。本施用区は土壤微生物相を著しく増殖させ、土壤の静菌作

用を高めた。

(2) 圃場のキュウリ連作条件下で乾燥豚ふん連用の効果を検討したところ、キュウリ7作目においても施用効果が認められ、10a当たり10tと多量施用区では枯死株率が低く、クロロピクリン剤連用区とほぼ同等の発病軽減効果と増収効果が認められた。

(3) 乾燥豚ふん多量施用の発病抑制効果は施用後2年目まで持続した。つる割病による導管褐変の上位節への進展からすると、乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリは導管部の褐変上昇が何らかの原因で抑制されているものと考えられる。乾燥豚ふん多量施用区では土壤pH、全窒素、置換性塩基類および有効態リン酸が高くなった。また、乾燥豚ふんを多量に施用するほどキュウリ根部のケイ酸含有率が高くなった。

(4) 乾燥豚ふんの施用効果は各種土壤で認められ、とくに、地力の低い砂丘未熟土ならびに岩屑土における効果が高かった。

(5) キュウリつる割病の発生は、乾燥豚ふんの春期施用あるいは冬期施用ともに軽減したが、冬期施用の方が病原菌の顕著な増加はおこらず、B/P値が高まり、発病抑制効果および増収効果が優れていた。

(6) 乾燥豚ふん施用の各種土壤病害に対する防除効果をみると、コンニャク根腐病、乾腐病および腐敗病ならびにダイコン萎黄病に対してはほとんど効果を認めなかったが、ハクサイ根こぶ病に対しては効果を認めた。

2) 乾燥豚ふんの施用効果発現の原因解析

(1) 殺菌土壤に乾燥豚ふんを施用すると、無殺菌土壤（自然土）に施用した場合に比較してキュウリつる割病枯死株率は著しく増加し、土壤中に生息する微生物が効果発現に関与してい

るものと考えられた。なお、乾燥豚ふんの殺菌と無殺菌では発病軽減効果に大差のないことから、乾燥豚ふんに含まれる微生物の影響はないものと考えられる。

(2) 乾燥豚ふん施用土壤を100C、30分間蒸気殺菌すると全く発病軽減効果が認められなくなったのに対して、50C、4日間処理では軽減効果が認められた。従って、50C、4日間の熱処理では死滅せず、100C、30分間の熱処理で死滅するような土壤微生物が、発病抑制に関与しているものと考えられる。

(3) 乾燥豚ふん施用土壤に育苗したキュウリは、堆肥施用土壤に育苗したものよりも、キュウリつる割病の発生はかなり軽微になり、キュウリつる割病の発病抵抗性が高まっていることが示唆される。

(4) 乾燥豚ふん施用土壤中では病原菌も増加しているが、土壤微生物とくに細菌と放線菌が増殖する。この傾向は根面においてより顕著であり、根面におけるB/P値は極めて高い。このような現象から、乾燥豚ふん施用による発病抑制効果は根面で増殖した細菌と放線菌が病原菌の活性を低下させているものと考えられる。

(5) 乾燥豚ふん施用土壤に栽培したキュウリ根圏では無施用土壤の場合に比較して、厚膜胞子の発芽が抑制された。そして、発芽管は根圏で増殖した細菌と放線菌によって溶解するものが多く観察された。

(6) キュウリつる割病枯死株率と病原菌数との比率（仮に発病効率という）をとると、乾燥豚ふん施用によって発病効率は低くなり、キュウリの連作年数が長くなるに従って高くなる傾向を示した。

VIII 引用文献

- 1) Adams, P. B., J. A. Lewis and G. C. Papavizas (1968) Survival of root-infecting fungi in soil. IV. The nature of fungistasis in natural and cellulose-amended soil on chlamydospore of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. *Phytopathology* 58:378-383.
- 2) Adams, P. B. (1971) Effect of soil temperature and soil amendments on *Thielaviopsis* root rot of sesame. *Phytopathology* 61:93-97.
- 3) Alexander, J. V., J. A. Bourret, A. H. Gold and W. C. Snyder (1966) Induction of chlamydospore formation by *Fusarium solani* in sterile soil extracts. *Phytopathology* 56:353-354.
- 4) Atkinson, G. H. (1892) Some disease of cotton. *Bull. Ala. Agric. Exp. Sta.* 41:61-65.
- 5) Baker, R. and C. L. Maurer (1967) Interaction of major factors influencing severity of bean root rot. *Phytopathology* 57:802.
- 6) Baker, R. (1968) Mechanisms of biological control of soil-borne pathogens. *Ann. Rev. Phytopathology* 6:263-294.
- 7) Baker, R. and R. J. Cook (1974) Biological control of plant pathogens. W. H. Freeman and Company pp. 1-433.
- 8) Bergeson, G. B., S. D. Van Gundy and I. J. Thomson (1970) Effect of *Meloidogyne javanica* on rhizosphere microflora and *Fusarium* wilt of tomato. *Phytopathology* 60:1245-1249.
- 9) Bowman, P. and J. R. Bloom (1966) Breaking the resistance of tomato varieties to *Fusarium* wilt by *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology* 56:871.
- 10) Brandes, E. W. (1919) Banana wilt. *Phytopathology* 9:339-389.
- 11) Burke, D. W. (1965) *Fusarium* root rot of beans and behavior of the pathogen in different soil. *Phytopathology* 55:1122-1126.
- 12) Buxton, E. W. (1957) Differential rhizosphere effects of three pea cultivars on physiologic races of *Fusarium oxysporum* f. *pisi*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 40:305-316.
- 13) Chinn, S. H. F. (1953) A slide technique for the study of fungi and actinomycetes in soil with special reference to *Helminthosporium sativum*. *Can. J. Botany* 31:718-724.
- 14) Chinn, S. H. F., R. J. Ledingham, B. J. Sallans and P. M. Simmonds (1953) A mechanism for the cotton of common root rot of wheat. *Phytopathology* 43:701.
- 15) Contois, D. E. (1953) Microflora of the rhizosphere of the pineapple plant. *Soil Sci.* 76:256-271.
- 16) Cook, R. J. and W. C. Snyder (1965) Influence of host exudates on growth and survival of germlings of *Fusarium solani* f. *phaseoli* in soil. *Phytopathology* 55:1021-1025.
- 17) Cook, R. J. and N. T. Flentje (1967) Chlamydospore germination and germling survival of *Fusarium solani* f. *pisi* in soil as affected by soil water and pea seed exudation. *Phytopathology* 57:178-182.
- 18) Cook, R. J. (1968) *Fusarium* root and foot rot of cereals in the Pacific Northwest. *Phytopathology* 58:127-131.
- 19) Curl, E. A. (1963) Control of plant diseases by crop rotation. *Bot. Rev.* 29:413-479.
- 20) Davide, R. G. and A. C. Triantaphyllou (1967) Influence of the environment on

- development and sex differentiation of root-knot nematodes. II. Effect of host nutrition. *Nematologica* 13:111-117.
- 21) Davis, R. A. and W. R. Jenkins (1963) Effect of *Meloidogyne* spp. and *Tylenchorhynchus claytoni* on pea wilt incited by *Fusarium oxysporum* f. pisi race 1. *Phytopathology* 53:745.
- 22) Davis, D. (1964) Host fungitoxicants in selective pathogenicity of *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 54:290-293.
- 23) Dobbs, C.G., W.H. Hinson and Joan Bywater (1960) Inhibition of fungal growth in soils. *The Ecology of Soil Fungi*. (Parkinson, D. and J.S. Waid Eds.) Liverpool Univ. pp.130-147.
- 24) Feldmesser, J., R.C. Ceto, G.R. Grimm, R.V. Revis and R. Whidden (1960) Movement of *Radopholus similis* into rough lemon feeder roots and in soils and its relation to *Fusarium* in the roots. *Phytopathology* 50:635.
- 25) Ford, E. J., A. H. Gold and W.C. Snyder (1970) Interaction of carbon nutrition and soil substances in chlamydospore formation by *Fusarium*. *Phytopathology* 60:1732-1737.
- 26) Garrett, S.D. (1956) In *Biology of Root Infecting Fungi*. Cambridge Univ. Press, London, pp.196-199, 293.
- 27) Gilbert, R. G., J. D. Menzies and G. E. Griebel (1969) The influence of volatiles from alfalfa upon growth and survival of soil microorganisms. *Phytopathology* 59:992-995.
- 28) Gilpatrick, J.D. (1969) Role of ammonia in the control of avocado root rot with alfalfa meal soil amendment. *Phytopathology* 59:973-978.
- 29) Griffin, G.J. (1964) Long-term influence of soil amendments on germination of conidia. *Canad. Jour. Micro.* 10:605-612.
- 30) Goss, R. W. and M. M. Afenasiev (1938) Influence of rotations under irrigation on potato scab, *Rhizoctonia*, and *Fusarium* wilt. *Nebr. Agr. Exp. Sta. Bull.* 317:1-18.
- 31) Harmsen, G. W. and G. Jager (1963) Determination of the quantity of carbon and nitrogen in the rhizosphere of young plant. *Soil Organisms*:245-251.
- 32) 林 武・滝島康夫 (1956) 土壤有機磷の作物による利用に関する研究 (第5報) オキシ酸塩添加による土壤有機磷の溶出及び無機化の促進について. *土肥誌* 26:440-444.
- 33) Herr, L.J. (1959) A method of assaying soils for numbers of Actinomycetes antagonistic to fungal pathogens. *Phytopathology* 49:270-273.
- 34) 東田修司・大崎玄佐雄・成田保三郎 (1982) タマネギ畑への輪作導入に関する土壤微生物的検討. *北海道立農試集報* 48:1-9.
- 35) Hiltner, L. (1904) Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Grundung und Brache. *Arb. Deut. Landwirtsch. Ges.* 98:59-78.
- 36) 平野和弥 (1980) 作物のフザリウム病 第8章 フザリウム病と線虫 松尾卓見・駒田 旦・松田 明編集全国農村教育協会 pp.275-290.
- 37) Huber, D. H. and A.L. Andersen (1962) Interrelation of bacterial necrosis of *Fusarium* to crop rotation, isolation frequency, and bean root rot. *Phytopathology* 52:737.
- 38) Hunks, R.W. and A.W. Feldman (1963) Comparison of free amino acids and amides in roots of healthy and *Radopholus similis* infected grapefruit seedlings. *Phytopathology* 53:419-422.
- 39) 今関六也 (1963) 応用生態学 IX. 雑草と病害防除. 3. 病害の生態的防除. 第6巻

- 下. 沼田 真・内田俊郎編 古今書院 東京 pp.160-196.
- 40) 稲垣春郎(1965) 線虫関連病害に関する研究の現状. 植物防疫 19:141-148.
- 41) 石上 清・堀 兼明・堀田 柏・河森 武 (1976) 園芸作物培地の生産力と土壤微生物に関する研究 (第1報) 静岡農試研報 21:36-43.
- 42) 伊藤征男(1975) インゲンマメ根腐病菌の生態と防除 植物防疫 29:26-30.
- 43) 鍵渡徳次(1963) 陸稲馬鹿苗病(株枯病)に関する研究 神奈川農試研報 10:1-116.
- 44) 桂 崎一(1959) 線虫と植物病害 植物防疫 13:111-114.
- 45) 河村貞之助・平野和弥(1968) トマト幼苗におけるネコブセンチュウと萎ちょう病とによる複合病に関する研究 II. 発病にいたる感染の経過 千葉大園芸学部学報 16:23-35.
- 46) 河村貞之助・平野和弥(1968) 線虫とフザリウム病. 植物防疫 22:421-426.
- 47) King, C.J. and C. Hope (1932) Distribution of the cotton root-rot fungus in soil and in plant tissues in relation to control by disinfectans. J. Agr. Res. 45:725-740.
- 48) 木谷清美・井上好之利・夏目孝男・池上雍春(1957) トマト萎凋病に関する研究 第2報 発病に及ぼす石灰の影響 四国農試研報 3:163-171.
- 49) 洪 春洋(1969) 作物の *Fusarium* 病に関する研究. 特に幼苗立枯病を起こす *Fusarium oxysporum* の寄生相に関する研究. 京都大学博士号論文 pp.1-84.
- 50) 駒田 旦・竹内昭士郎・井上義孝(1965) ダイコン萎黄病の生態学的研究 I. 土壤中における病原菌と他の微生物との関係およびキチン添加による生物的防除 土と微生物 7:41-48.
- 51) 駒田 旦(1976) 野菜のフザリウム病, *Fusarium oxysporum* の土壤中における活性評価技術に関する研究 東海近畿農試研報 29:132-269.
- 52) 駒田 旦・小川 奎(1978) 野菜のフザリウム病に対する有機物多量施用の影響 日植病会報 44:368.
- 53) Krusberg, L.R. (1963) Host response to nematoda infection. Ann. Rev. Phytopathology 1:219-232.
- 54) Lewis, J. A. and G. C. Papavizas (1971) Effect of sulfur-containing volatile compounds and vapors from cabbage decomposition on *Aphanomyces euteiches*. Phytopathology 61:208-214.
- 55) Lewis, J. A. and G. C. Papavizas (1973) Selective mechanisms of bioenvironmental control of root-infecting fungi. Virginia Polytechnic Institute and State Univ. Reserch Division S26:35-38.
- 56) Lochhead, A. G. and J. W. Rouatt (1955) The rhizosphere effect on the nutritional groups of soil bacteria. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:48-49.
- 57) Lockwood, J. L. (1964) Soil fungistasis. Ann. Rev. Phytopathology 2:341-362.
- 58) Maloy, O. C. and W. H. Burkholder (1959) Some effects of crop rotation on the *Fusarium* root rot of bean. Phytopathology 49:583-587.
- 59) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻・渡辺文吉郎(1968) キュウリつる割病の分生孢子および厚膜孢子の発芽におよぼす土壤 pH の影響について 坂本教授還暦記念論文集: 299-306.
- 60) 松田 明・下長根鴻・平野喜代人(1969) キュウリつる割病に対する石灰施用の効果 茨城農試研報 10:61-72.
- 61) 松田 明・下長根鴻・尾崎克己(1969) キュウリつる割病, トマト萎ちょう病の発生とネコブセンチュウ寄生との関係 日植病会報 35:104.
- 62) 松田 明・下長根鴻・尾崎克己(1970) 作物連輪作とフザリウム病発生との関係 各種作物跡地におけるキュウリつる割病とトマト萎ちょう病の発生 日植病会報

- 36:162-163.
- 63) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻(1970)
有機物および消石灰施用土壌におけるキュウリつる割病菌の消長 日植病会報 36:163.
- 64) 松田 明・下長根鴻・尾崎克己(1971)
作物連輪作とフザリウム病発生との関係
第2報 各種作物および病原菌数の変動に及ぼす2,3の要因 日植病会報 37:173-174.
- 65) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻(1971)
有機物, 消石灰施用土壌における水溶性窒素および糖類の消長とフザリウム菌との関係 日植病会報 37:174.
- 66) 松田 明・下長根鴻・尾崎克己(1975)
ネコブセンチュウの寄生がキュウリつる割病発生に及ぼす影響 茨城農試研報 16:83-94.
- 67) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻(1976)
有機物および消石灰施用土壌の静菌作用の変化とキュウリつる割病発生からみた有機物の施用法について 茨城農試研報 17:83-96.
- 68) 松田 明・尾崎克己・下長根鴻(1978)
乾燥豚ふんの多量施用と作物組合せによるキュウリつる割病の防除効果 日植病会報 44:368-369.
- 69) 松田 明(1978) 有機物施用と土壌病害発生との関係 関東東山病虫研報 25:1-4.
- 70) 松田 明(1981) 土壌伝染病の生態的防除手段としての輪作と有機物施用 植物防疫 35:12-18.
- 71) Mitchell, R. B., D. R. Hooten and F. E. Clark(1941) Soil bacteriological studies on the control of *Phymatotrichum* root rot of cotton. *J. Agr. Res.* 53:535-547.
- 72) Mitchell, R. and M. Alexander(1962)
Microbiological processes associated with the use of chitin for biological control. *Proc. Soil Sci. Amer.* 26:556-558.
- 73) Mitchell, R.(1963) Addition of fungal cell-wall components to soil for biological disease control. *Phytopathology* 53:1068-1071.
- 74) Mitchell, J. E.(1973) The mechanisms of biological control of plant disease. *Soil Biol. Biochem.* 5:721-728.
- 75) Morris, H. E. and M. M. Afanasiev(1945)
Sugar beet diseases and their control in Montana. *Mon. Agr. Exp. Sta. Bull.* 427.
- 76) 村田寿太郎・大原 清(1936) 西瓜蔓割病(萎凋病)に関する研究成績. 奈良農試臨時報告 6:96-120.
- 77) Nash, S. M., T. Christou and W. C. Snyder(1961) Existence of *Fusarium solani* f. *phaseoli* as chlamydospores in soil. *Phytopathology* 51:308-312.
- 78) Newton, R. and R. S. Young(1941) Nitri-fication under and after alfalfa, brome, timothy and westernryegrass. V. Biological assays of hay crop residues. *Canad. Jour. Res.* 18, C:374-387.
- 79) 日本土壌肥料学会編(1988) 土壌肥料用語集 P.188. 養賢堂, 東京.
- 80) 農林水産省農林水産技術会議事務局監修, 土壌養分測定法委員会編(1970) 土壌養分分析法 p202, 養賢堂, 東京.
- 81) 小川 奎・駒田 旦(1982) 病原菌密度と施肥条件の異なる連作条件下でのダイコン萎黄病の発生変動 土と微生物 24:39-48.
- 82) Owens, R. G. and H. M. Novotny(1960)
Physiological and biochemical studies on nematoda galls. *Phytopathology* 50:650.
- 83) Papavizas, G. C. and C. B. Davey(1960)
Rhizoctonia disease of bean as effect by decomposing green plant material and associated microflora. *Phytopathology* 50:516-522.
- 84) Papavizas, G. C. and C. B. Davey(1961)
Extent and nature of the rhizosphere of lupins. *Plant and Soil* 14:215-236.
- 85) Papavizas, G. C.(1966) Suppression of *Aphanomyces* root rot of peas by cruciferous soil amendments. *Phytopathology* 56:1071-1075.

- 86) Patrick, Z.A., T.A. Toussoun and W.C. Snyder (1963) Phytotoxic substances in arable soil as associated with decomposition of plant residues. *Phytopathology* 53:152-161.
- 87) Pitcher, R. S. (1963) The role of plant parasitic nematodes in bacterial diseases. *Phytopathology* 53:35-39.
- 88) Pool, F. R. (1936) The necessity of rotation of crop for the control of diseases of the sweet potato. *Phytopathology* 29:750.
- 89) Porter, D.M. and N.T. Powell (1967) Influence of certain *Meloidogyne* species on *Fusarium* wilt development in flue-cured tobacco. *Phytopathology* 57:282-285.
- 90) Powell, N. T., P. L. Melendez and C. K. Batten (1971) Disease complexes in tobacco involving *Meloidogyne incognita* and certain soil borne fungi. *Phytopathology* 61:133-137.
- 91) Rouatt, J. W. and R.G. Atkinson (1950) The effect of the incorporation of certain cover crops on the microbiological balance of potato scab infested soil. *Canad. Jour. Res.* 28, C:140-152.
- 92) Rovira, A.D. (1965) Plant-root exudates and their influence on soil microorganisms, In *Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens.* (Baker, K. F. and W. C. Snyder Eds.) Univ. of California Press, Los Angeles, pp.170-186.
- 93) Sanford, G.B. (1923) The relation of soil moisture to the development of common scab of potato. *Phytopathology* 13:231-236.
- 94) Sanford, G.B. (1926) Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. *Phytopathology* 16:525-547.
- 95) 沢田泰男 (1969) 緑肥の分解に伴う畑作物の生育障害に関する研究. 北海道農試報告 76:1-62.
- 96) Schroth, M.N. and W. C. Snyder (1961) Effect of host exudates on chlamydospore germination of the bean root rot fungus, *Fusarium solani* f. *phaseoli*. *Phytopathology* 51:389-392.
- 97) Schroth, M. N. and F. F. Hendrix, Jr. (1962) Influence of nonsusceptible plants on the survival of *Fusarium solani* f. *phaseoli* in soil. *Phytopathology* 52:906-909.
- 98) Schroth, M.N., T.A. Toussoun and W.C. Snyder (1963) Effect of certain constituents of bean exudate on germination of chlamydospores of *Fusarium solani* f. *phaseoli* in soil. *Phytopathology* 53:809-812.
- 99) Schroth, M.N. and D.C. Hildland (1964) Influence of plant exudates on root-infecting fungi. *Ann. Rev. Phytopathology* 2:101-132.
- 100) 下長根鴻・平野喜代人・松田 明 (1966) 土壤病害の検診技術に関する研究 第1報 *Fusarium*菌の菌数と発病の関係(その1) 日植病会報 32:67.
- 101) 下長根鴻 (1974) フザリウム菌と線虫との関係の圃場における実態 日本植物病理学会 第7回土壤伝染病談話会資料 pp.45-50.
- 102) 下長根鴻 (1978) 有機物, 石灰施用による防除法とその機構 日本植物病理学会 第9回土壤伝染病談話会資料 pp.87
- 103) 下長根鴻・千葉恒夫・松田 明 (1985) 拮抗微生物利用によるキュウリつる割病の防除 関東東山研報 32:92-94.
- 104) Short, G.E. and M.L. Lay (1973) Germination of *Fusarium solani* f. sp. *pisi* chlamydospores in the spermosphere of pea. *Phytopathology* 64:558-562.
- 105) Smith, S.N. (1977) Comparison of germination of pathogenic *Fusarium oxysporum* chlamydospores in host rhizos-

- phere soils conducive and suppressive to wilts. *Phytopathology* 67:501-510.
- 106) Snyder, W.C., M.N. Schroth and T. Christou (1959) Effect of plant residues on root rot of bean. *Phytopathology* 49:755-756.
- 107) 鈴木達彦・石沢修一(1965) 畑土壌の微生物およびその活性と肥沃度 農技研報 B 15:91-186.
- 108) 竹下純則・加藤邦彦・鈴木達彦(1977) 施設栽培の連作障害に対する土壌微生物の研究 土と微生物 19:19-28.
- 109) Timonin, M.I. (1941) The interaction of higher plants and soil microorganisms. III. Effect of byproducts of plant growth on activity of fungi and Actinomycetes. *Soil Sci.* 52:395-413.
- 110) Toussoun, T.A. and W.C. Snyder (1961) Germination of chlamydospores of *Fusarium solani* f. *phaseoli* in unsterilized soils. *Phytopathology* 51:620-623.
- 111) Toussoun, T.A., Z.A. Patrick and W.C. Snyder (1961) Influence of crop residue decomposition products on the germination of *Fusarium solani* f. *phaseoli* chlamydospores in soil. *Nature* 197:1314-1316.
- 112) 宇井格生・赤井 純・内記 隆・伊藤征男 (1973) 連作およびオオムギ休閑跡地に栽培したインゲンの根腐病発生と被害 北大農邦文紀要 8:386-390.
- 113) 渡辺康正(1974) イネ馬鹿苗病の伝染経路、とくに土壌伝染の可能性および催芽期間中の種子の病菌による伝染について 東海近畿農試研報 29:35-41.
- 114) Weinhold, A.R. and T. Bowman (1968) Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. *Plant and Soil* 28:12-24.
- 115) 横尾多美男(1959) 土壌線虫 一生態と防除一 明文堂, 東京. p.334.
- 116) 吉田武彦・高梁治助(1960) 作物根の生理的活性に関する研究(第6報) 水稻根の各部位における呼吸作用および酵素活性の分布の特徴について 土肥誌 31:423-426.
- 117) 吉田武彦(1966) 根の活力測定法 土肥誌 37:67.
- 118) Zentmeyer, G.A. (1963) Biological control of *Phytophthora* root rot of avocado with alfalfa meal. *Phytopathology* 53:1383-1387.
- 119) Zentmeyer, G. A. and C.R. Thompson (1967) The effect of saponins from alfalfa on *Phytophthora cinnamomi* in relation to control of root rot of avocado. *Phytopathology* 57:1278-1279.

IX. Summary

In this paper I deal with the behavior of *Fusarium* spp. in soil and ecological control of cucumber Fusarium wilt by crop rotation system and application of organic fertilizer.

1. Ecology of *Fusarium* in soil.

1) Germination of *Fusarium* conidia and behavior of chlamydospore in soil.

(1) By taking samples of *Fusarium* spp. (cucumber Fusarium wilt pathogen, tomato wilt pathogen, pea root rot pathogen and upland rice Fusarium blight pathogen), the germination of conidia and development of chlamydospore in soil were observed.

During the test, I found out that they grew more in sterilized soil than in nonsterilized one, and that there were differences in growth depending on the kind of *Fusarium* and microconidia or macroconidia.

(2) I also observed by using four representative kind of soil in Ibaraki Prefecture that the germination of conidia and development of chlamydospore of *Fusarium* varied according to the kind of soil.

(3) The germination of chlamydospore of cucumber Fusarium wilt pathogen was observed at 5 ~ 35°C with the optimum germination temperature at 25 ~ 30°C.

There was no great difference in germination ratio when water content in the soil is 30 ~ 50 % of saturation, but the germination went on well by being nourished.

(4) The germination of chlamydospore of cucumber Fusarium wilt pathogen was good in the soil in which glucose, xylose, fructose, valine, asparagine, glutamine or succinic acid was added. Among them glucose was the best. The higher concentration of glucose, the better germination; which was found out by being tested at 500, 1,000 and 2,000 ppm of the concentration of glucose. However, as for methionine and citric acid, almost no germination was observed regardless of its concentration.

(5) The germination of chlamydospore of cucumber Fusarium wilt pathogen was satisfactory till 12 hours after the addition of glucose. However, almost no germination promoting effect was observed in 24 hours after the addition though the remaining amount of reducing sugar was still enough to germinate the chlamydospore. This is probably because the germination was inhibited by the substrate competition against rapidly increased Bacteria in the soil.

2) Relationship between the outbreak of cucumber Fusarium wilt and inoculum potential of the pathogen.

(1) The density of the pathogens in the soil was measured before being sowed and after contaminated by Fusarium wilt (in this case, the contaminated soil was diluted for convenience), thus also examining the process of the outbreak of the disease. As a result, I knew a certain relationship between them.

Accordingly, now I can presume the outbreak of cucumber Fusarium wilt to a certain extent by measuring the density of pathogens in the soil beforehand.

(2) Even in an actual field site, I thought that the outbreak of cucumber Fusarium wilt

could be presumed by measuring the density of the pathogens in the soil. But when the density of the pathogens is about the same, the outbreak of the disease sometimes varies depending on the kind of soil. This suggests that factors other than the density of the pathogens must be considered.

(3) With the amount of pathogens the same, the outbreak of cucumber Fusarium wilt often varied depending on the kind of soil. That is to say, the outbreak of the disease was less in thick-layer humus andosol or thick-layer polyhumus andosol in comparison with in dark andosol or sand dune immature soil.

(4) With the amount of pathogens the same, it was also found out that the kind of organic fertilizer and amount of slaked lime applied to the soil had the influence upon the outbreak of disease.

2. Effects of continuous or rotation cropping upon the outbreak of Fusarium wilt

1) The outbreak of Fusarium wilt with relation to the change of pathogens and microflora in soil.

For the study of cucumber Fusarium wilt, continuous and rotation cropping of various farm products were raised. As a result, the outbreak of the disease, parasitism of *Meloidogyne* spp., the number of pathogens, and soil microorganism particularly the number of Bacteria and Actinomycetes changed in connection with continuous or rotation cropping. I also learned that when upland rice, corn, peanuts, sweet potatoes or Japanese radishes were raised in turn of cucumbers for crop rotation, the outbreak of the disease remarkably decreased. I presumed that the effect had been produced by the following causes: namely, the increase of pathogens had been inhibited; [the number of Bacteria + the number of Actinomycetes] / [the number of pathogens] (B/P value) had increased because of the rapid increase of the number of pathogens and Actinomycetes in the soil; and parasitism of *Meloidogyne* spp. had decreased.

2) Behavior of pathogens in the soil where continuous or rotation cropping is raised.

(1) The outbreak of cucumber Fusarium wilt somewhat varies according to the amount of inoculation for the diseased land. And yet the outbreak of the disease was more in cucumber, tomato, welsh onion and soybean-growing land: while it was less in upland rice, corn, Japanese radish-growing land and in fallow ground.

On the other hand the number of pathogens was less in upland rice, corn, Japanese radish and welsh onion-growing land; it was more in cucumber, tomato, and soybean-growing land. The increase or decrease of the pathogens nearly corresponds to the outbreak of cucumber Fusarium wilt.

(2) The development of chlamyospore of the pathogen was observed relatively more in cucumber, tomato and soybean-cultivating soil, but rather less in upland rice and corn cultivating soil regardless of the land being sterilized or nonsterilized where once crops were raised.

3) Crop roots and behavior of Fusarium.

(1) As for the range of distance from crop roots through which the germination of micro

conidia of cucumber Fusarium wilt is subject to influence, that of cucumber roots of a host crop was found large, about 1,200~1,300 μ m in comparison with those of other nonhost crops; the growth of germination vessels of spores on the host crop was good, too.

(2) Concerning the distribution of Fusarium in soil, the pathogens were found most at depth of 0~3cm both in soil and rhizosphere, with less in deeper soil region. For the distribution of pathogens in cucumber rhizosphere, I thought that closer to the roots more favorable to their propagation.

(3) Surveying the distribution of pathogens in rhizospheres of various crops, pathogens decreased extremely in the rhizosphere of corn, but increased in that of cucumbers.

The pathogens in the rhizospheres of CHOKEI-SHIN-TOKIWA and ZENKOKU-SUUYOU, breeds suffering from cucumber Fusarium wilt, increased while those of MATSU-NO-MIDORI, a breed resistant to the disease, were inhibited.

(4) Regardless of crop-cultivating and non-cultivating soil, the distribution of cucumber Fusarium wilt in soil was spread in a shape of bowl, extending in horizontal directions rather than in vertical directions. The range of the distribution was the largest in cucumber-cultivating soil and small in upland rice-cultivating soil and a fallow ground.

4) The parasitism of *Meloidogyne* spp. and outbreak of Fusarium wilt in the soil where continuous or rotation cropping is raised.

(1) The number of pathogens in rhizosphere parasitized by the *Meloidogyne* spp. seemed to increase as relative degree of parasitism of the *Meloidogyne* spp. regardless of the outbreak of cucumber Fusarium wilt or not. Further, Bacteria and Actinomycetes were also the same; the rhizosphere parasitized by *Meloidogyne* spp. was characterized by a zone of increased microbiological activity. Besides, the time when the damage by *Meloidogyne* spp., namely a gall began to swell was earlier than the time when pathogens increased.

(2) The osmotic pressure of the gall of cucumber roots which were being parasitized by *Meloidogyne* spp. became higher than that of healthy roots, while TTC reducing force became reversely lower.

However, I presumed that TTC reducing force became high temporarily when the gall began to swell, and the respiratory function of the roots was unusually high.

(3) The roots of a cucumber which were being parasitized by *Meloidogyne* spp. decreased soluble saccharide and hydrocarbon to a certain degree in comparison with healthy roots. And total nitrogen and water soluble nitrogen had an inclination for increase, but C/N ratio decreased by the parasitism of *Meloidogyne* spp.. On the other hand, the gall with *Meloidogyne* spp. enhanced the germination of conidia of cucumber Fusarium wilt in contrast to healthy roots.

(4) The nematocide treatment decreased the outbreak of cucumber Fusarium wilt in any crop-cultivating soil after once being plowed. The outbreak of the disease in soybean and tomato-cultivating soil would be greatly influenced by the parasitism of *Meloidogyne* spp., which I presumed in comparison with non-treated zone.

3. Prevention of Fusarium wilt by applying organic fertilizers particularly dry pig droppings.

1) Prevention of Fusarium wilt by applying various organic fertilizers and dry pig droppings.

(1) Among fertilized samples in pot experiments, the zone of dry pig droppings had the least withered stocks died of cucumber Fusarium wilt. The microflora in the soil of the zone was greatly increased, enhancing soil fungistasis.

(2) Investigation of repeated application of dry pig droppings for cucumbers under continuous cropping proved that the effect of the application had remained even in 7th crops; stock withering ratio was low in a zone in which the fertilizer had been applied as much as 10 ton per 10 acre, which suggested that disease outbreak reduction and an increased yield were almost equal to those of a zone in which chloropicrin was applied.

(3) The disease outbreak inhibition effect by application of much dry pig droppings lasted till 2nd year after application. From a fact that Fusarium wilt causes plant vessels brownish developing into upper nodes, I presume that the ascent of vessel browning of the cucumbers, grown in soil fertilized with dry pig droppings, was inhibited with some reason. In a zone where fertilized with much dry pig droppings, soil PH, total nitrogen, exchangeable base, and available phosphoric acid became high. Further, more dry pig droppings caused more silicic acid content in cucumber roots.

(4) The effect of application of dry pig droppings was proved in various kinds of soil, and particularly in sand dune immature soil and rock fragment soil both of which were low in soil fertility.

(5) The outbreak of cucumber Fusarium wilt was reduced by applying dry pig droppings either way in spring or winter, however, the effects of disease outbreak inhibition and increased yield were better in winter fertilization, when no great increase of pathogens and high B/P value were observed.

(6) Prevention of various soil diseases by application of dry pig droppings was almost ineffective against konjac root rot, dry rot, soft rot and Japanese radish wilt yellow, but effective against Chinese cabbage clubroot.

2) The factors producing the effects of application of dry pig droppings could be analyzed as follows.

(1) The ratio of withered stocks died of cucumber Fusarium wilt increased remarkably by applying dry pig droppings to sterilized soil in comparison with nonsterilized soil. The factor affecting this fact could be that the microorganisms living in the nonsterilized soil participate in the production of the effects. Further, the microorganisms containing in dry pig droppings would not work on the effect because there was little difference in disease outbreak reduction between sterilized dry pig droppings and nonsterilized ones.

(2) If soil to be used with dry pig droppings is sterilized by steam at 100C for 30 minutes, no disease outbreak reduction was observed at all, but was noticeable by treatment at 50C for 4 days. Accordingly I conclude that microorganisms which do not die under heat treatment at 50C for 4 days but die at 100C for 30 minutes participate in inhibition of the disease.

(3) Cucumbers grown in soil fertilized with dry pig droppings had less chance to suffer

from cucumber Fusarium wilt than those grown in soil with compost, which suggested that the former had a resistance to the disease.

(4) The soil fertilized with dry pig droppings is abundant in pathogens, but particularly in Bacteria and Actinomycetes as well. This tendency is evident on root surface, B/P value at root surface is extremely high. As for the disease inhibition effect by applying dry pig droppings, I think from the above phenomena that the Bacteria and Actinomycetes increased on root surfaces lowered the activity of the pathogens.

(5) The germination of chlamydospore was inhibited in the rhizosphere of cucumbers cultivated in soil with dry pig droppings in contrast with those in nonfertilized soil. And besides, germination vessels were observed to be dissolved by Bacteria and Actinomycetes increased in the rhizosphere.

(6) After examining the ratio of withered stocks died of cucumber Fusarium wilt to the number of pathogens (hereinafter referred to as disease outbreak efficiency), I find out that the disease outbreak efficiency becomes low by applying dry pig droppings, but becomes higher as time goes on with continuous cropping of cucumbers.

図版－1 土壤中におけるキュウリつる割病菌小型分生子の行動
(土壌温度は28C)

1. 殺菌土埋設後24時間目の発芽状態
2. 殺菌土埋設後 5日目の発芽状態
3. 殺菌土埋設後15日目の厚膜孢子形成初期
4. 殺菌土埋設後30日目の厚膜孢子形成状態

図版－2 土壌温度の変化とキュウリつる割病菌の発芽
(土壌埋設時間は62時間)

1. 5C埋設
2. 15C埋設
3. 25C埋設
4. 35C埋設

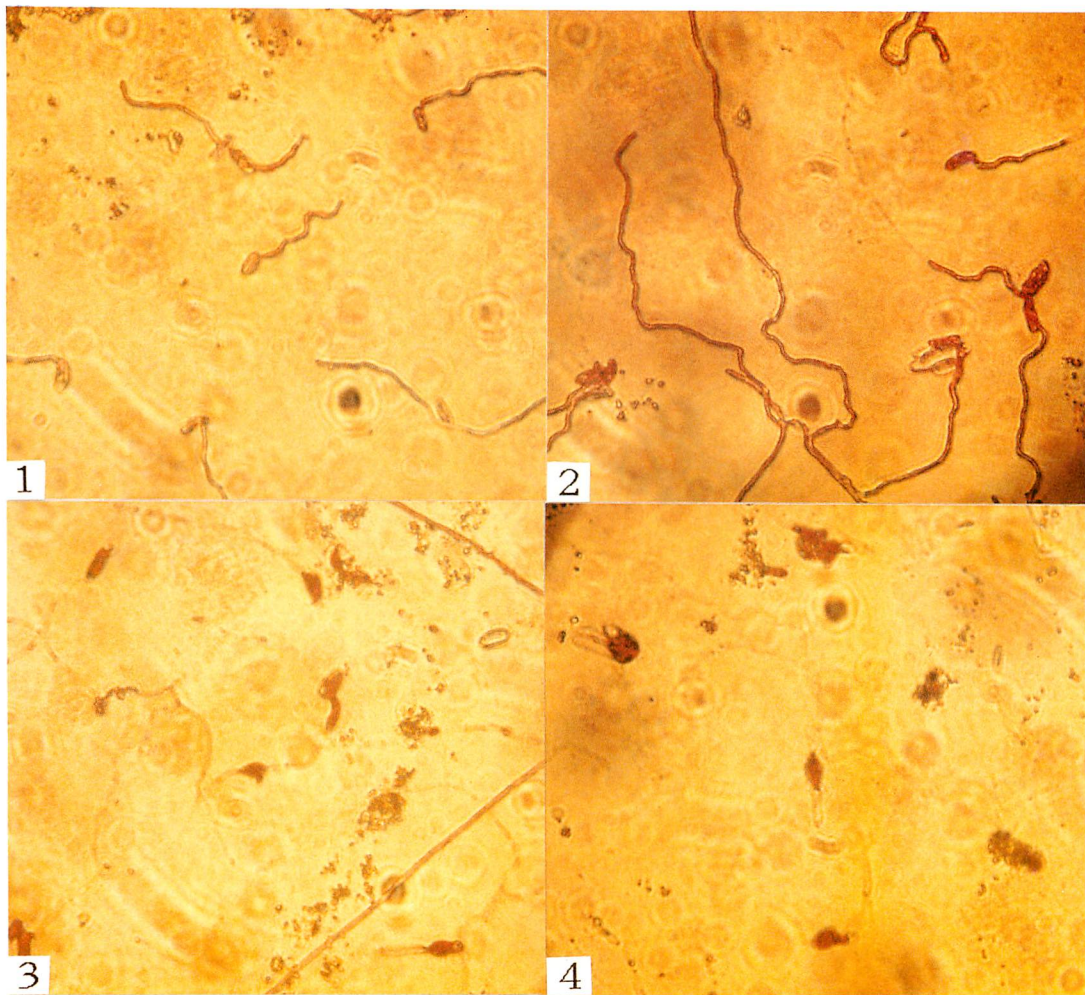
図版－3 連輪作とキュウリのネコブセンチュウ寄生
(4作目までの連輪作体系)

1. 左…リクトウーキュウリーリクトウーキュウリ
右…リクトウーキュウリーキュウリーキュウリ
2. 左…トウモロコシーキュウリートウモロコシーキュウリ
右…トウモロコシーキュウリーキュウリーキュウリ
3. 左…ダイズーキュウリーダイズーキュウリ
右…ダイズーキュウリーキュウリーキュウリ
4. 左…トマトーキュウリートマトーキュウリ
右…トマトーキュウリーキュウリーキュウリ
5. 左…休かんーキュウリー休かんーキュウリ
右…休かんーキュウリーキュウリーキュウリ
6. キュウリーキュウリーキュウリーキュウリ

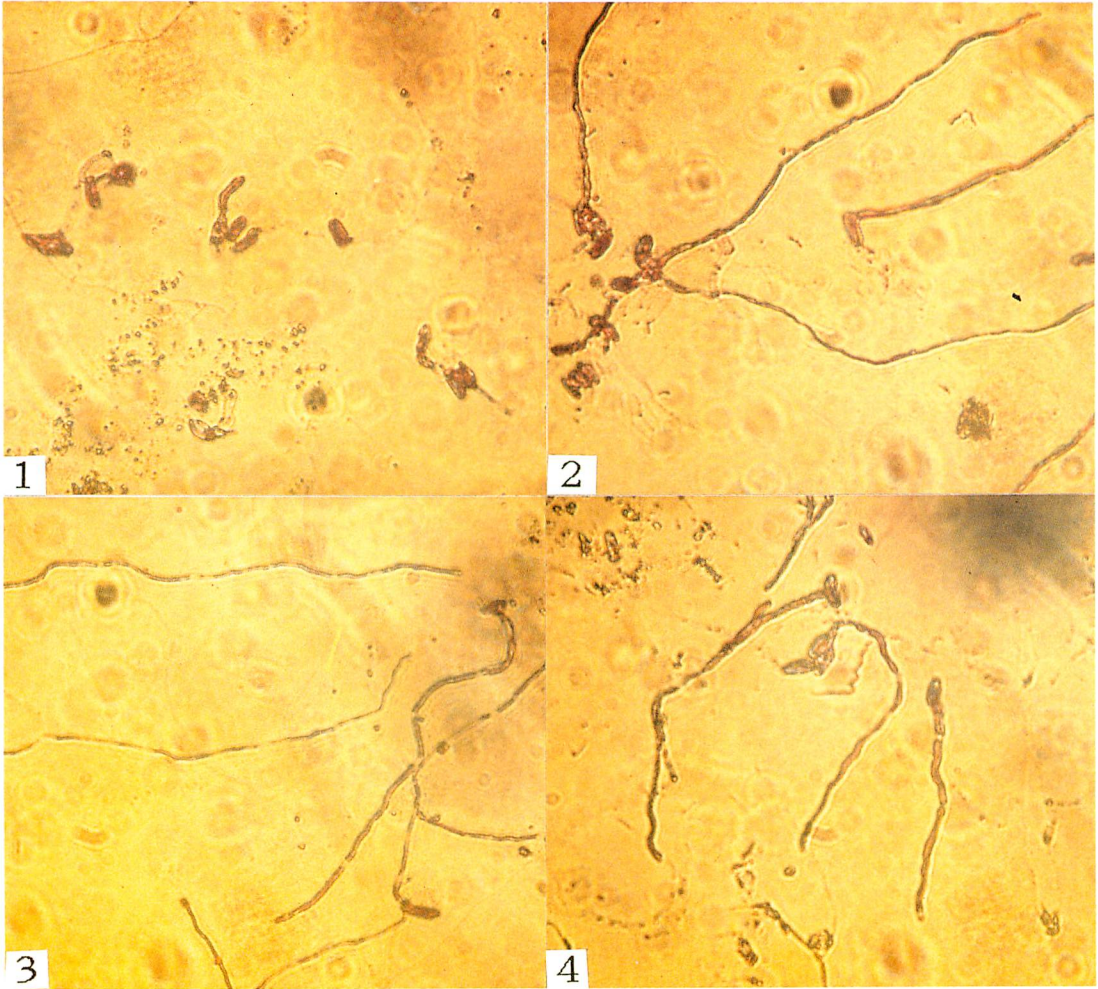
図版－4 乾燥豚ふんの土壌施用とキュウリつる割病の発生状況
(キュウリ7作目)

1. 堆肥 2t/10a 7年連用
2. 乾燥豚ふん 5t/10a 7年連用
3. 乾燥豚ふん10t/10a 7年連用
4. クロルピクリン剤 30ℓ/10a 7年連用

図版 - 1



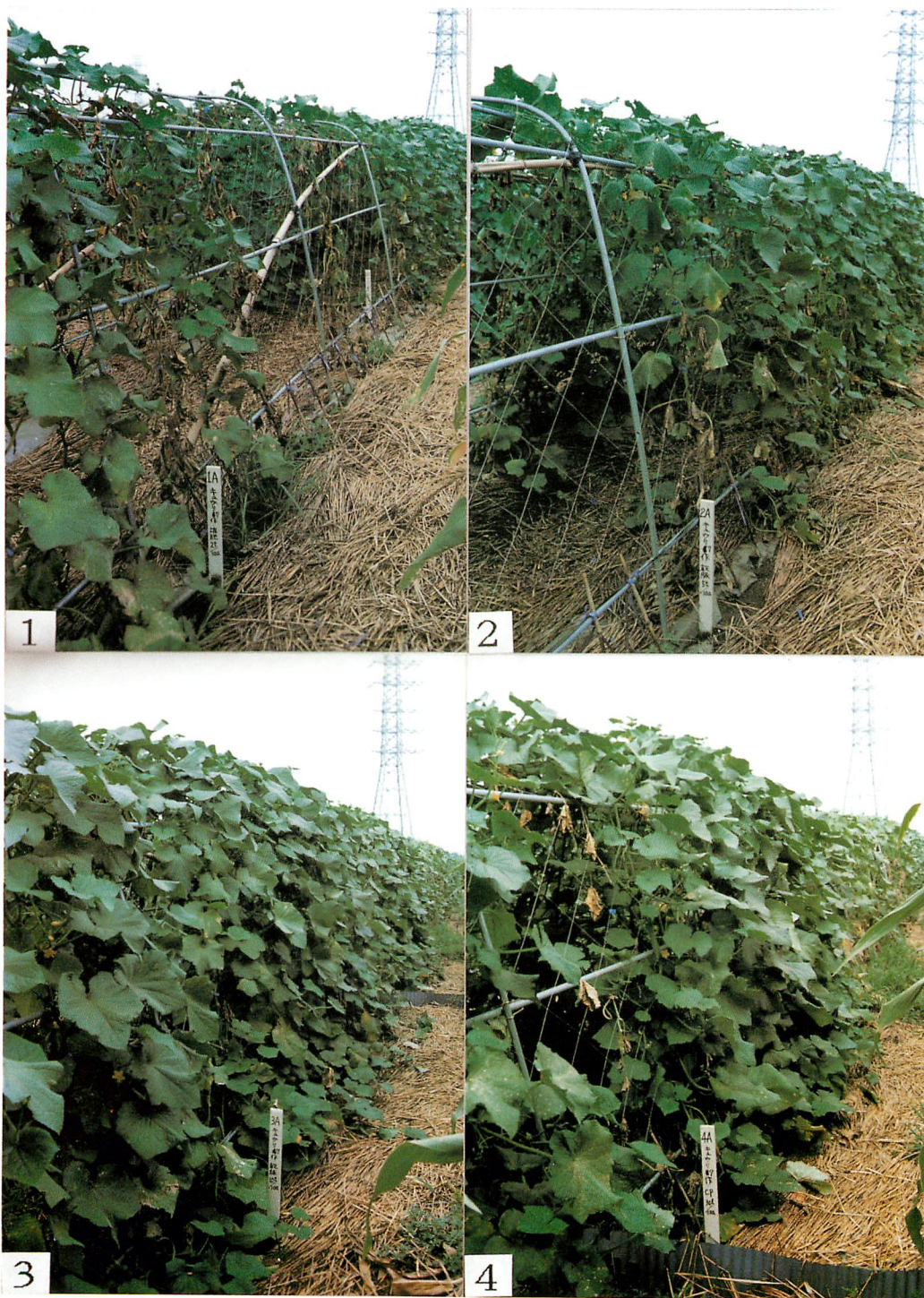
図版 - 2



図版 - 3



図版 - 4



茨城県農業試験場特別研究報告 第6号

平成4年 発行

発行所 茨 城 県 農 業 試 験 場

〒311-42 水戸市上国井町3, 344

印刷所 有限会社 双 葉 印 刷

〒310 水戸市見川2, 500-7