

前作物によるイチゴ萎黄病の軽減機構 (第 1 報)

イチゴ萎黄病の発病軽減効果と土壤微生物に及ぼす影響

岡山健夫・堀本圭一・小島博文・小玉孝司・北川芳雄

Studies on the Control of Fusarium Wilt of
Strawberry by Preceding Crops. I
Effects of preceding crops on Fusarium wilt of strawberry
and presence of microorganisms in the soil

Ken-o OKAYAMA, Keiichi HORIMOTO, Hirofumi KOBATAKE,
Takashi KODAMA and Yoshio KITAGAWA

Summary

In order to stabilize the yield of strawberries by short rotation with other crops, we investigated the selection of effective crops, the outbreak of disease, and the mechanism of decrease of Fusarium wilt of strawberries.

1. Effective crops were pumpkins, corn, melons, radishes and tomatoes, which were cultivated for three or four months in one yield. The greater the frequency of cultivation of these crops, the greater the decrease in disease development.
2. Fusarium wilt of strawberries was compared on strawberry plants grown in the fields where repeated culture of strawberries rotated with melons, tomatoes, corn, pumpkins, cabbages and fallow had been carried out for two or three years. Strawberries were usually grown from September to June in a vinyl house, while strawberries rotated with these crops and fallow were grown from September to February, and the other crops were planted in the field after strawberries up to July. Disease was severe with repeated culture of strawberries, the yield being 409 kg/10a. However, disease was not severe when strawberries followed other crops and fallow. The yield was 1662 kg/10a in blocks planted after melons.
3. Soil rotated with melon over two years did not have any suppressiveness, and disease incidence in this soil was the same as that diluted 1/100 with sterilized soil with repeated strawberry culture for two years.
4. The numbers of resident *Fusarium oxysporum* spores were increased in strawberry mixture with repeated strawberry culture, but were not increased in the soil of strawberry plants and in soil rotated with other crops. The numbers of resident fungi, bacteria, actinomycetes and nematodes surviving such soil treatment were not related to the development of disease.

Key Words:

Fusarium oxysporum Schl. f. sp. *fragariae*, crop rotation, control of Fusarium wilt of strawberry, Fusarium wilt of strawberry.

緒 言

イチゴ萎黄病は、1970年に岡山、愛知、奈良の3県ではほぼ同時に発見され、その後急速に全国のイチゴ産地に発生分布が拡大した。現在、奈良県下では全作付面積の約70%に発生が見られている。本病は土壌伝染および苗伝染によって蔓延し、主要品種である宝交早生は本病に感受性で、育苗期、本圃を通じて発病する。促成作型では育苗期や定植期が高温期にあたり、これらの時期と4月上旬以降の収穫後期に病勢が進展する。

本病の防除対策として無病親苗の増殖配布やハウス密閉による土壌消毒が行われ、一応の成果を納めたが、連作による病原菌密度の高まりと、消毒後の周辺からの再汚染のために、土壌消毒効果が十分に発揮できないことが多い。

土壌伝染性病害防除の通例として、輪作による被害の軽減が試みられるが、本病の防除を対象とした輪作の試験例は少なく、防除効果は明らかではない。フザリウム病の防除を目的とした試験は、作物の種類によって効果が一定ではなく、一般にイネ科作物を中心とした輪作体系は軽減する傾向があると推察されている⁹⁾にすぎない。

奈良県の農家では、促成イチゴの収穫を前期収穫(12~2月)で打ち切り、その後にはトマト、カボチャなどの異種作物を導入すると連作障害が軽減できるという事例がある。ここではこのような作付体系を従来の年単位の輪作と区別して短期輪作と呼ぶことにする。これらの農家事例を参考に障害軽減効果の高い作物を選定し、イチゴを連年栽培する作付体系において、それぞれの作付による軽減効果を評価するとともに、導入作物が土壌微生物相、土壌理化学性に及ぼす影響を調べた。その結果、他作物を前作に入れた短期輪作はイチゴの前、後期連続栽培に比べてイチゴ萎黄病を有効に軽減することを認めたので報告する。

実験材料および方法

第1表 異種作物栽培期間と萎黄病検定期間

Table 1. Cultivation period of crops and test period of Fusarium wilt of strawberries.

作付回数	異種作物栽培期間	萎黄病検定期間	
作付前	—	1983年7月22日~	8月25日
1作目	1983年4月4日~8月3日(4か月)	1983年9月12日~1984年7月11日	
2作目	1983年9月26日~12月20日(3か月)	1984年8月30日~	11月14日
3作目	1984年4月6日~7月7日(3か月)	1984年9月19日~	12月24日

実験 I イチゴ萎黄病発病軽減効果の高い作物の選定

無加温ハウスの促成早どりイチゴの後作として、3月から作付け可能な作物のなかから発病軽減効果の高い作物を選定するために、イチゴ及び他作物を農試内のハウスで栽培した。供試圃場は前年萎黄病が多発した圃場を用い、土壌を均一に混和して木枠(1区1.5 m²)を設置した。試験開始前に各区の土壌をプラスチック容器(60×36×10 cm)に入れ、イチゴ(宝交早生)子苗を定植して各区土壌の病株率を調べ、検定圃場の均一化を図った。その後、同一圃場に各種作物を第1表に示す期間中に3連作した。1作栽培後土壌、2作栽培後土壌は作付前土壌と同様にプラスチック容器に移し、イチゴ子苗(1区20株)を植付けて発病を調査した。3作栽培後には圃場に直接イチゴを植付けて調査した。

試験はイチゴ(宝交早生)区と無作付区を6連制、他は3連制で行った。作物の種類と植付株数は、カボチャ3株、トマト10株、トウモロコシ20株、メロン10株、ナス3株、ダイコン12株、ハウレンソウ、インゲン、グラジオラス、イチゴ(萎黄病抵抗性品種 はつくに)はそれぞれ20株の計10種類と、対照としてカニガラ施用区(栽培毎にm²当たり500gを混和)、イチゴ(宝交早生)区、無作付区を設けた。また、カボチャ、トマト、トウモロコシ、メロンの4作物については、植物体地上部茎葉を土壌混和した区と持ち出し区を設け、茎葉混和の影響を調査した。他の作物については、茎葉を圃場外に持ち出した。

発病調査は病徴程度別株数を調査し、下式により発病度を算出した。

イチゴ萎黄病の発病調査基準

A: 枯死した株, B: 本葉2枚以上が奇形, 黄化した株, C: 新葉1枚が黄化ないし奇形, D: 生育不良, E: 病徴または生育不良を認めない。

$$\text{発病度} = \frac{4A + 3B + 2C + D}{4 \times \text{調査株数}} \times 100$$

実験II 短期輪作による発病軽減効果の本圃実証試験

面積100 m²のハウス2棟を使い、短期輪作によるイチゴ萎黄病の発病軽減効果およびイチゴ収量への影響を調査した。ハウスAでは第2表に示したように、イチゴ萎黄病の病土（菌密度5×10²/g乾土）10 kgを接種した後、9月から翌年2月末までメロン、トマト、トウモロコシを作付導入した。対照として3月以降にもイチゴを継続して栽培する連作区を設けた。この作付体系を以後3年間続けた。

ハウスBでは初年度は太陽熱処理による土壌消毒後にイチゴを植付け、3月からハウスAと同様の作物を栽培

した。9月からイチゴを栽培し、ハウスAの無病土対照区として2月末まで発病、生育、収量を調査した。1984年4月に萎黄病病土10 kgをハウス100 m²に土壌混和し、カボチャ、キャベツを植付け、イチゴ後期作区並びに無作付区を設けた。イチゴ後期作区は前期作イチゴの株を掘り上げた後、病土を混和し、再びイチゴを植付けた。以後2年間、同一作付体系を続け、イチゴ萎黄病の発病を調査した。

両ハウスにおいて、茎葉の土壌混和による発病への影響を調べるために1984年7月から輪作作物の茎葉混和処理区を設け、持ち出し区との発病を比較した。以後2年間同一処理を続けた（第2表）。

第2表 実証本圃の栽培経過

Table 2. Process of cultivation in vinyl houses.

供試 ハウス	処 理	1982年		1983年		1984年		1985年	
		9月	3月	9月	3月	9月	3月	9月	3月
ハウスA	異種作物	[接種]	イチゴ-異種作物			イチゴ-異種作物			
	イチゴ連作	[接種]	イチゴ-イチゴ			イチゴ-イチゴ			
ハウスB	異種作物	⊗	イチゴ-異種作物	⊗	イチゴ[接種]	異種作物			
	イチゴ連作	⊗	イチゴ-イチゴ	⊗	イチゴ[接種]	イチゴ			

注) ⊗は太陽熱処理, 1984年7月には茎葉混和処理区を設定, [接種]は萎黄病病土接種

実験III 土壌微生物相および土壌理化学性調査

発病軽減効果の高い作物の選定試験圃場では作物栽培前後の土壌を、実証本圃ではA、B両ハウスの地表下10 cmから定期的に採土し、土壌希釈平板法によって土壌微生物相を調査した。また、実証本圃で生育中のイチゴ株を掘り上げ、水中分画法¹⁾によって根圏、根面の土壌微生物相を調査した。*Fusarium* 菌の定量はフザリウム選択分離培地（駒田培地）を用い、*F. oxysporum* 菌量を定量した。*F. oxysporum* 菌のうち菌そうの密な特徴をもつものを萎黄病菌様フザリウムとして計数した。糸状菌はマーチン培地、細菌、放線菌はアルブミン寒天培地を用いた。拮抗菌数は三層寒天法によって行い、第二層に *Bacillus* 用培地、*Streptomyces* 用培地を用いた。線虫数はペールマン法によって調査した。

土壌理化学性は実証本圃の作物栽培跡地土壌を作付毎に採土し、調査に供した。土壌 pH は水:土壌=2.5:1 でガラス電極により、全窒素量はケルダール法、全炭素量はCNコーダーを用いて測定した。置換性塩基は、原子吸光法、塩基置換容量（CEC）はセミマイクロ Schollenberger 法により測定した。土壌の三相分布は、採

取した出土について実容積測定法で測定し、ついで底部吸水により飽和含水量とした後、砂柱法で pF. 1.5 に水分調整して液相率および粗孔隙率を測定した。

実験IV 短期輪作土壌の発病抑止力

1985年9月に実証本圃のイチゴ連作土壌とメロン輪作土壌を採取し、殺菌土壌で所定の濃度に希釈し、イチゴを植付けて発病程度を比較した。同時にメロン輪作土壌と殺菌土壌に萎黄病発病枯死株の乾燥粉砕粉を土壌1 kg当たり5 g、0.5 g混和し、発病抑止力を検討した。試験は直径15 cmの素焼鉢にこれらの土壌を入れ、鉢当たり4株計12株を植付けた。

実 験 結 果

実験I イチゴ萎黄病発病軽減効果の高い作物の選定

作付前土壌では、いずれの区も高率に発病し、区間に大差は認められなかった。1作栽培後土壌では、イチゴ（宝交早生）区が最も激しく発病（病株率の平均82.7%）

したのに対し、カボチャ、トウモロコシ、メロン、ダイコン、グラジオラス、イチゴ萎黄病抵抗性品種（はつくに）などの区では63.5%～80.0%の病株率にとどまり、これらの区は無作付区よりも低率であった。とくに、カボチャ、トウモロコシ、メロンなどの茎葉混和区で42.5～63.0%と発病がかなり抑えられた。

異種作物栽培2作後土壌では、無作付区が病株率87.5%に対し、異種作物栽培区はすべてが低率で、とくにトマト、メロン、カボチャ、ダイコンなどの区が41.7～61.7%と低率であった。

同3作後土壌では、イチゴ（宝交早生）区84.2%、

無作付区72.9%に対して、他の区はすべてこれらの区よりも病株率が低くなった。とくに、カボチャ混和区、トウモロコシ混和区、持ち出し区、メロン持ち出し区、ダイコン、グラジオラス区等では発病が45.8～56.4%と低率であった⁷⁾。イチゴははつくに種は栽培期間中に萎黄病の発病を認めず、3作後土壌の検定においても発病が52.5%と低率であった。また、カニガラの土壌混和処理区では処理回数が増加するにしたがって発病が低下し、顕著な発病抑制効果を認めた。しかし、インゲン、ナス、ハウレンソウなどの区では発病抑制効果が小さかった（第1図）。

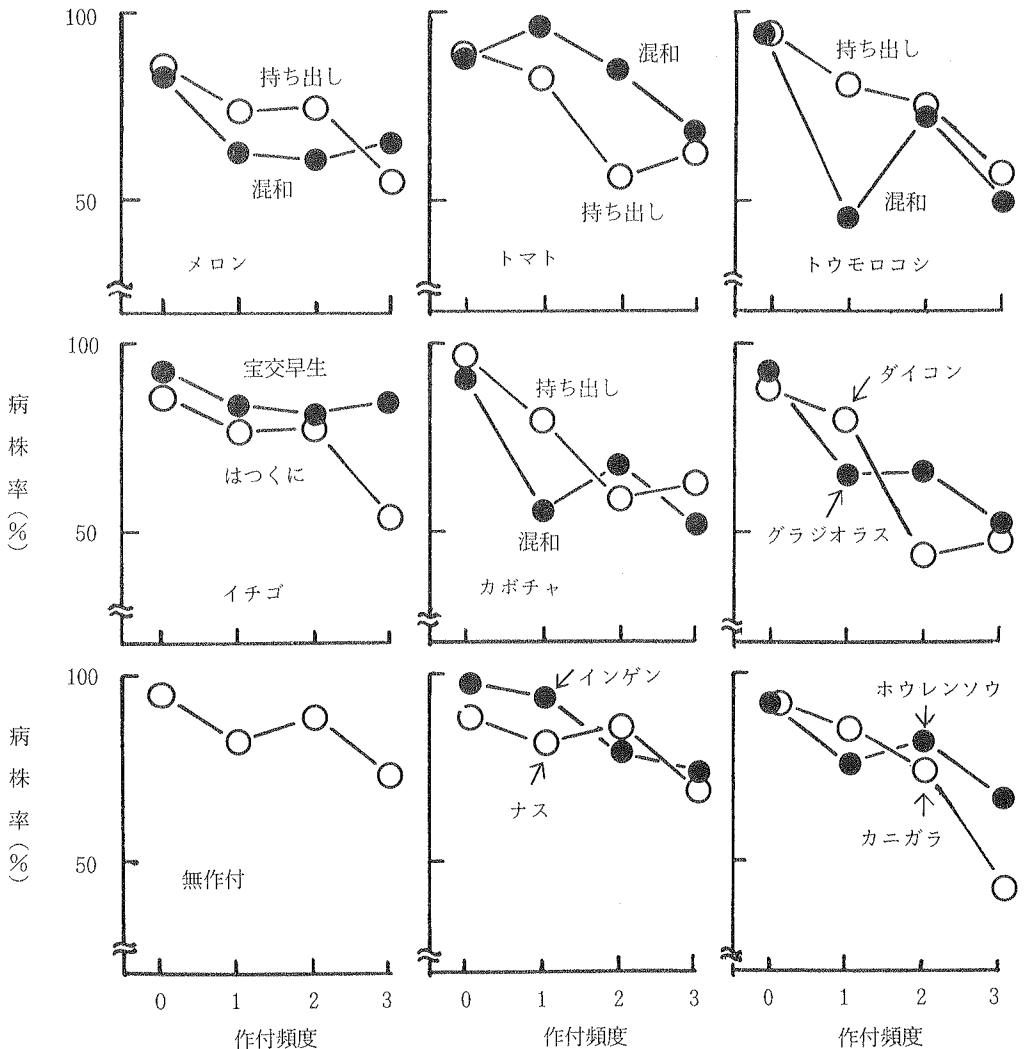


Fig. 1 Influence of frequency in cultivation of crops on Fusarium wilt of strawberries.

第1図 作物の作付頻度とイチゴ萎黄病の発病

0:作付前土壌 1:1作後土壌 2:2作後土壌 3:3作後土壌

以上の結果、カボチャ、トウモロコシ、メロン、トマト、ダイコン、グラジオラスなどの作物は萎黄病軽減に効果的に働くことが明らかになった。一方、メロン、トマト、トウモロコシ、カボチャなどの茎葉を土壌混和したばあい、トマトを除いて持ち出し区よりも発病が少ない傾向であったが、持ち出し区では作付回数毎に発病が漸減するのに対して、混和区では発病が助長されることがあった。

実験II 短期輪作による発病軽減効果の本圃実証試験

ハウスAにおいて異種作物栽培跡地の萎黄病病株率は、定植1か月後にメロン跡地で5.6%、トマト跡地で4.9%であったが、イチゴ連作では21.2%と高率に発病した。短期輪作区とイチゴ連作区との病株率は11月以降も差が拡大し、イチゴ連作区では年内に病株率が85%と大半の株が発病し、枯死株が多発した。2月末の前期

作終了時には91%の病株率となり、後期作終了時には全株が発病して枯死した。これに対し、メロン区、トマト区、トウモロコシ区での病株率は、2月末にそれぞれ16.1%、26.4%、45.2%にとどまり、イチゴ区に比べ明らかに低下した⁶⁾。

短期輪作2年経過後の萎黄病病株率は、年内にメロン区17.1%、トマト区34.7%、トウモロコシ区46.5%であり、イチゴ区の66.4%に比べ発病が軽減されたが、前年の同時期に比べてトマト、トウモロコシ区では発病株がやや多くなる傾向が認められた。前期作終了時での発病は12月までの発病と変わらず、低温期の病徴進展はごく緩慢であった。イチゴ連作区では後期作終了時に全株が発病し、重症株が多発した。

短期輪作3年経過後の病株率は、年内にメロン区47.2%、トマト区62.6%、トウモロコシ区66.3%とイチゴ区の92.5%に比べ発病が軽減されたが、各区とも年々発病が漸増する傾向が見られた（第2図）。

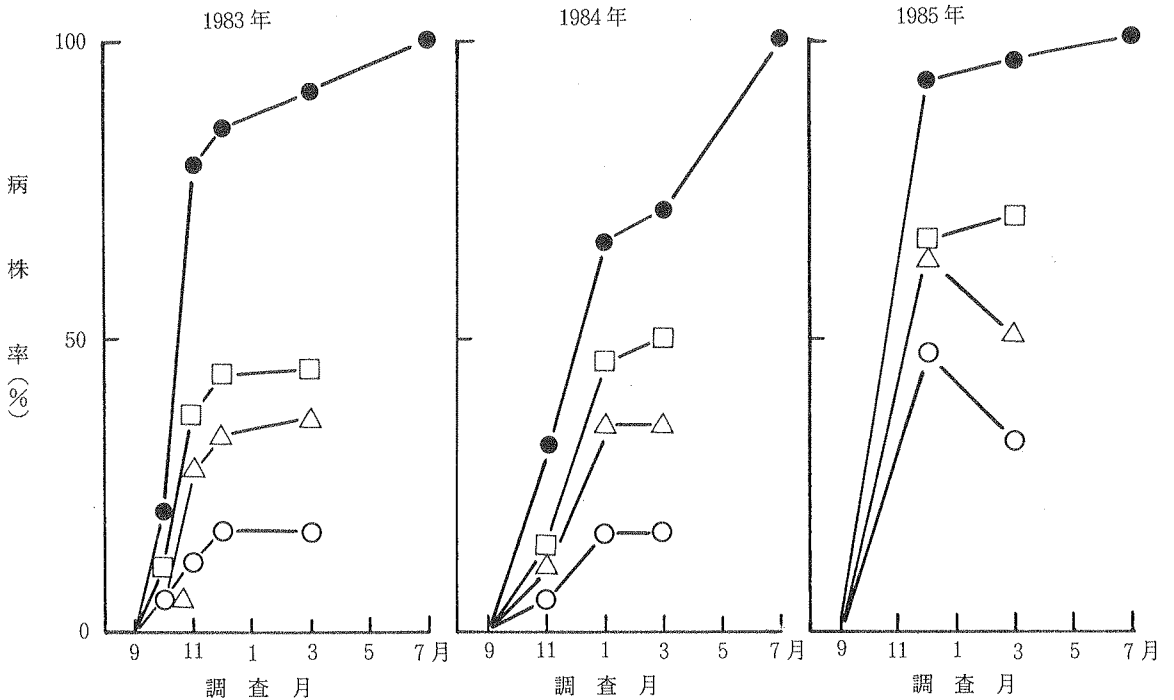


Fig. 2 Effect of disease reduction on Fusarium wilt of strawberries by short rotation. (field A)

第2図 短期輪作によるイチゴ萎黄病の発病軽減効果（ハウスA）

○—○ メロン—イチゴ △—△ トマト—イチゴ □—□ トウモロコシ—イチゴ ●—● イチゴ—イチゴ

ハウスBは1984年4月に病土を接種し、カボチャ、キャベツ、イチゴ後期作を栽培した。4月から7月までの3か月間にイチゴ後期作区では39%の株が発病した。9月から植付けたイチゴはd前期作終了時の病株率がカボチャ区7.0%、キャベツ区3.8%に対しイチゴ区47.7%、無作付区9.3%であった。短期輪作2年経過後の発

病は、前期作終了時にカボチャ区15.5%、キャベツ区27.8%、イチゴ区62.9%、無作付区28.1%であり、短期輪作区はイチゴ連作区よりも明らかに病株率が低下した。また、無作付区と比較するとカボチャ区はやや低く、キャベツ区では同等であった(第3図)。

各ハウスにおける作物茎葉の土壌混和が発病に及ぼす

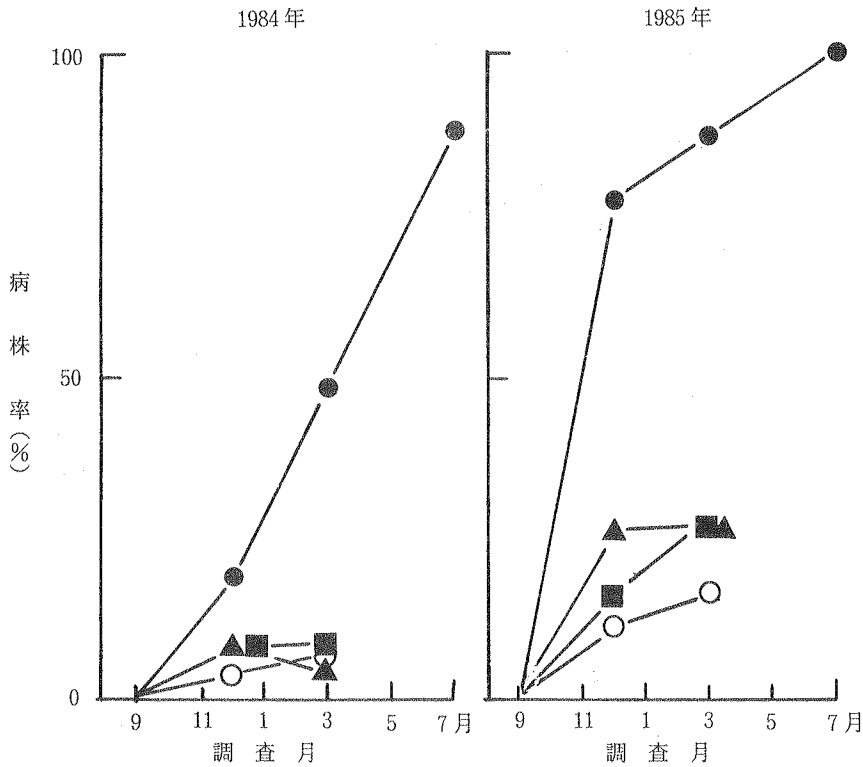


Fig. 3 Effect of disease reduction on Fusarium wilt of strawberries by short rotation. (field B)

第3図 短期輪作によるイチゴ萎黄病の発病軽減効果(ハウスB)

○—○ カボチャ-イチゴ ▲—▲ キャベツ-イチゴ ■—■ 無作付-イチゴ ●—● イチゴ-イチゴ

影響を検討したところ、混和初年度ではトウモロコシ区を除いて大差は見られなかった。しかし、混和を2年間継続した後では混和区の発病が明らかに高まる傾向が見られた。イチゴ区では土壌混和によって初年度から発病が助長され、2年後には持ち出し区、混和区ともに激しく発病した(第4表)。

イチゴ前期作の収量を1983年作について調査した結果、隣接の無病ハウスの収量に対し、イチゴ区では80%減と大幅に減収したが、トマト区では21%減、メロン区では16%減にとどまり、減収率は病株率に対応した(第3表)。

第3表 イチゴの収量（1983年12月～1984年3月）

Table 3. Yield of strawberries planted after melons, tomatoes, corns and strawberries.

ハウス	処 理 区	収穫量 (株当たり g)	指 数	減 収 率 (%)
病土接種 ハウス (ハウスA)	メ ロ ン	1 6 6 . 2	8 4	1 6
	ト マ ト	1 5 7 . 6	7 9	2 1
	トウモロコシ	1 1 3 . 5	5 7	4 3
	イ チ ゴ	4 0 . 9	2 1	7 9
土壌消毒 ハウス (ハウスB)	メ ロ ン	1 9 4 . 5	9 8	2
	ト マ ト	2 0 1 . 8	1 0 2	- 2
	トウモロコシ	1 9 7 . 2	9 9	1
	イ チ ゴ	1 9 8 . 6	1 0 0	--

注) 減収率(%) = $\frac{\text{太陽熱土壌処理区収量} - \text{処理区収量}}{\text{太陽熱土壌処理区収量}} \times 100$

第4表 作物の土壌混和とイチゴ萎黄病の発病

Table 4. Comparison of disease incidence between soil mixed plant and soil carried out.

圃場	前 作 物	1 9 8 4 年		1 9 8 5 年	
		持ち出し	混 和	持ち出し	混 和
ハ	メ ロ ン	1 7 . 1	2 3 . 8	4 7 . 2	6 4 . 7
ウ	ト マ ト	3 4 . 7	3 1 . 9	6 2 . 6	7 5 . 0
ス	トウモロコシ	4 6 . 5	6 2 . 8	6 6 . 3	8 0 . 2
A	イ チ ゴ	6 6 . 4	7 5 . 9	9 2 . 5	9 9 . 1
ハ ウ ス	カ ボ チ ャ	3 . 7	4 . 6	1 1 . 2	2 3 . 9
	キ ャ ベ ツ	7 . 7	7 . 7	1 6 . 5	1 5 . 0
B	イ チ ゴ	3 2 . 7	7 2 . 5	7 7 . 1	9 9 . 0

注) 数字は病株率%, 各年次とも調査は12月

実験III 土壌微生物および土壌理化学性調査

作物選定において作付前後の *F. oxysporum* 菌数の増減とイチゴ萎黄病病株率の間に相関が認められず、処理区間の発病差を示すような菌数の差も認められなかった。3作栽培後土壌では発病が顕著に低下したカニガラ連用土壌の *F. oxysporum* 菌数、萎黄病菌様フザリウムならびに糸状菌数が明らかに少なく、拮抗菌数が多い傾向を認めた。しかし、他の作物栽培処理区ではいずれの土壌微生物も差がなかった。

実証本圃においてイチゴ作付前に萎黄病汚染土を接種したハウスAでは $13 \times 10^2 \sim 97 \times 10^2$ /g 乾土の *F. oxysporum* が検出され、調査時期毎に検出数が変動した。その後の検出数は短期輪作区、連作区ともに g 土当たり 1×10^3 個 (以下 10^3) レベルであり、作物栽培直後に一時的な増加が見られたが、他の時期には 63×10^2 /g 乾土が最高値であり、処理区間に明らかな差は見られなかった。

ハウスAの茎葉混和区では混和直後に *F. oxysporum* 菌数が著しく増加した区が見られたが、他の時期には $8 \times 10^2 \sim 38 \times 10^2$ /g 乾土が検出され、処理区間に一定した傾向の差はなかった。萎黄病菌様フザリウム菌についてもイチゴ連作区と短期輪作区の間には差は見られなかった。

ハウスBでは供試前に太陽熱処理による土壌消毒を行っており、処理直後に *F. oxysporum* は検出されなかった。病土接種後に $3 \times 10^2 \sim 4 \times 10^2$ /g 乾土を検出したが、短期輪作1年目の年内に調査した結果では処理区間の *F. oxysporum* 菌数に差がなかった。しかし、前期作終了時にはイチゴ区で 10^3 レベルの *F. oxysporum* が検出された。

ハウスBの茎葉混和区では持ち出し区に比べて *F. oxysporum* 菌数が増加し $2 \times 10^2 \sim 30 \times 10^2$ /g 乾土を検出した。とくにイチゴ茎葉混和区では $13 \times 10^2 \sim 30 \times 10^2$ /g 乾土を検出し、短期輪作区や無作付区より

第5表 *Fusarium oxysporum* 菌量の推移Table 5. Numbers of *Fusarium oxysporum* in soil.

施設	処理区	茎葉持出区					茎葉混和区				
		1983年		1984年		1985年		1984年		1985年	
		9月	7月	12月	3月	8月	7月	12月	3月	8月	
ハウスA	メロン	26 (12)	63 (33)	5 (5)	34 (29)	62 (40)	233 (150)	17 (11)	34 (27)	38 (13)	
	トマト	30 (14)	30 (20)	7 (5)	20 (16)	32 (8)	63 (30)	18 (16)	33 (26)	41 (20)	
	トウモロコシ	32 (14)	23 (20)	22 (20)	16 (14)	33 (12)	57 (13)	10 (8)	14 (10)	8 (6)	
ハウスB	イチゴ	41 (19)	43 (33)	16 (14)	24 (21)	6 (5)	17 (17)	31 (29)	25 (22)	8 (6)	
	カボチャ	0 (0)	4 (3)	4 (3)	3 (2)	5 (2)	10 (4)	5 (5)	2 (1)	10 (4)	
	キャベツ	0 (0)	4 (2)	7 (6)	4 (3)	17 (9)	11 (5)	10 (8)	4 (3)	23 (10)	
	無作付	0 (0)	3 (1)	4 (3)	0 (0)	4 (1)	3 (1)	4 (3)	4 (3)	3 (1)	
	イチゴ	0 (0)	4 (2)	2 (2)	17 (6)	11 (6)	13 (8)	21 (20)	28 (16)	30 (4)	

注) 数字は *F. oxysporum* 数 ($\times 10^2$ /g 乾土), ()内は萎黄病菌様フザリウム数 ($\times 10^2$ /g 乾土)

も多い傾向を認めた。カボチャ、キャベツ茎葉混和区ではイチゴ茎葉混和区よりも少なかったが無作付区よりも多い傾向が見られた(第5表)。

糸状菌数はハウスAにおいて $10^4 \sim 10^5$ レベルで検出し、イチゴ栽培中のイチゴ連作区で多い傾向が見られた。ハウスBにおいても傾向は変わらず、とくにイチゴ茎葉混和区において顕著に増加し、優先菌種は大半が *Rhizopus* 属菌であった。

細菌数、放線菌数は処理区間に大差がなく、作物栽培後の茎葉混和区において増加が見られる程度であった(第4図)。

植物寄生性線虫数はハウスAの土壤から *Tylenchus*, *Tylenchorhynchus* の2種が検出された。しかしながら、その密度は極めて低く、処理区間差は認められず、萎黄病の発病との関係も認められなかった。

イチゴ根圏、根面微生物の定量を水中分画法で行ったところ、*F. oxysporum* 菌はハウスAにおいてイチゴ連作区に植え付けたイチゴ根圏から最も多く検出した。メロン、トマト、トウモロコシ跡地に植え付けたイチゴ根圏からの検出数は明らかに少なく、定植後日数の経過とともに差が拡大した。糸状菌数についても同様にイチゴ連作区のイチゴ根圏で多い傾向が認められた。細菌、放線菌数および根面の微生物に明らかな差は認められなかった(第6表)。

イチゴ及び短期輪作実証圃での土壤理化学的の経時変化を調査した結果、土壤 pH は第1作目のメロン・トマト作で明らかに低かったが、作付け経過とともに処理間差が明らかでなかった。また、年次経過とともに処理土壤 pH は低下傾向を示した。全窒素量の変化では作物間で差が認められなかったが、イチゴの連作区では全炭素量が年次経過とともに減少した。また、イチゴ連作土壤では硝酸態窒素の残存量が多かった。その他、有効態リン酸、塩基置換容量、石灰、苦土、加里、アンモニア態窒素に処理間差は認められなかった。

土壤の物理性は、イチゴ連作区の固相率が最も高く、固相率はイチゴ-イチゴ連作区 44.6%、イチゴ-トウモロコシ作付 40.4%、イチゴ-トマト作付 41.2%、イチゴ-メロン作付 42.7% であった。

実験IV 短期輪作土壤の発病抑止力

イチゴ-メロンの短期輪作を2年間続けた土壤に植付けたイチゴの萎黄病発病程度は、イチゴ連作土壤を1/100に希釈した土壤における発病に相当した。また、イチゴ連作土壤の発病は殺菌土壤 1kgに乾燥病株約5gを混和した土壤に相当した。乾燥病株を混和したメロン輪作土壤の発病は同様の処理をした殺菌土壤における発病と変わらず、メロン輪作土壤自体に発病抑止力は認められなかった(第5図)。

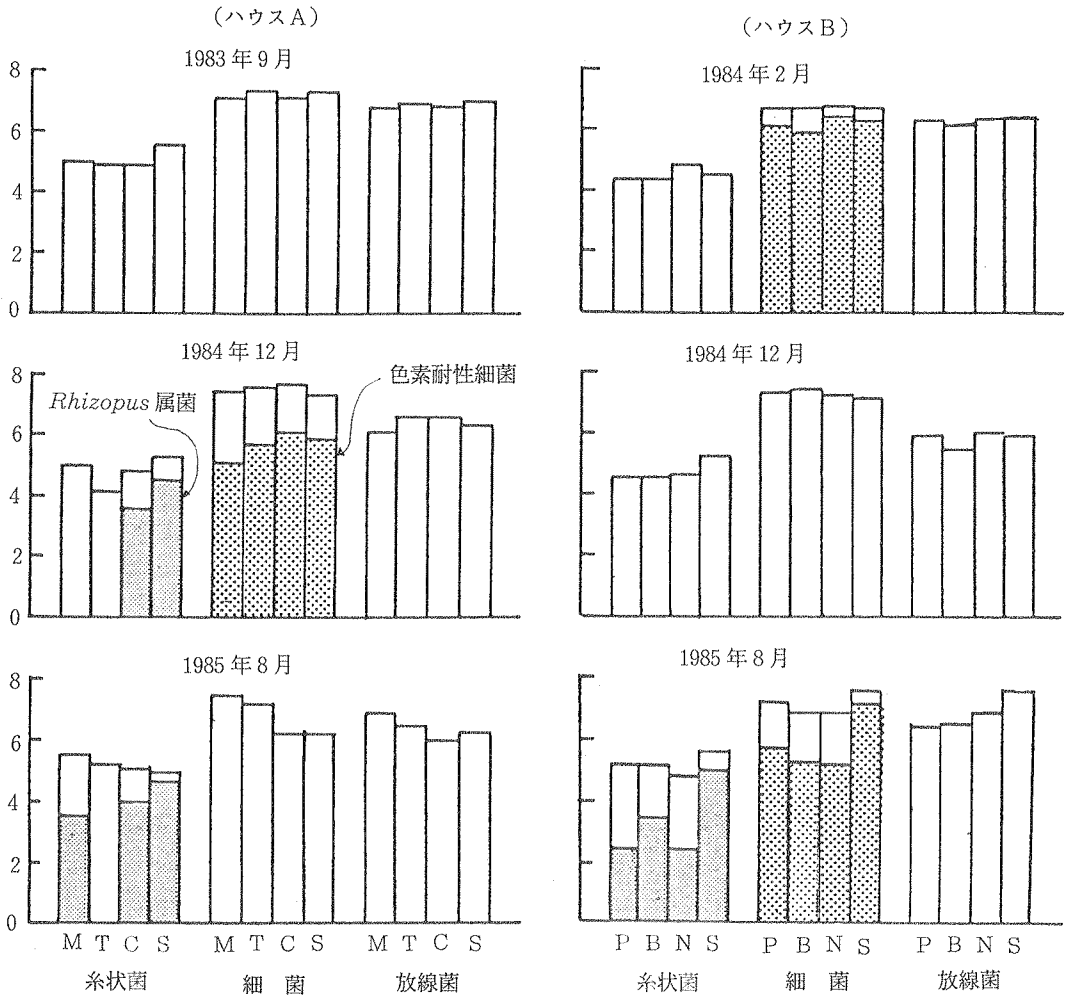


Fig. 4 Numbers of microorganisms in soil rotated with other crops and repeated soil of strawberries.

第4図 短期輪作およびイチゴ連作圃場の土壤微生物相

M:メロン-イチゴ T:トマト-イチゴ C:トウモロコシ-イチゴ S:イチゴ-イチゴ P:カボチャ-イチゴ
 B:キャベツ-イチゴ N:無作付-イチゴ

第6表 イチゴ根圏、根面の微生物

1983年10月28日定量

Table 6. Numbers of microorganisms in rhizosphere and rhizoplane of strawberries.

処 理 区	萎黄病菌様	<i>F.oxysporum</i> 菌	細菌	放線菌	色素耐性菌	
	フザリウム菌					
	$\times 10^2$	$\times 10^2$	$\times 10^6$	$\times 10^6$	$\times 10^6$	
根圏	メ ロ ン	5.0	6.5	7.8	9.3	12.7
	ト マ ト	4.7	9.8	13.9	24.4	6.0
	トウモロコシ	6.2	15.9	16.5	29.6	32.1
	イ チ ゴ	17.9	23.7	23.1	32.0	24.9
根面	メ ロ ン	117	168	448	604	403
	ト マ ト	344	486	492	328	272
	トウモロコシ	136	263	262	424	232
	イ チ ゴ	225	263	195	326	374

注) 水中分画法 根圏土壤は乾土1g当り、根面は生根1g当りの菌数

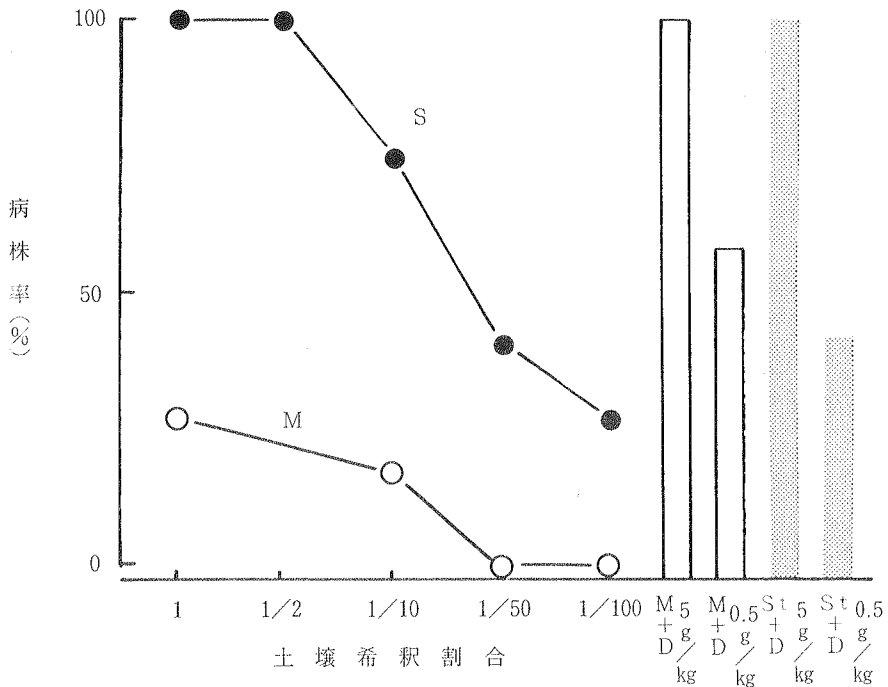


Fig. 5 Comparison of disease incidence between the soil rotated with melons and the soil repeated culture of strawberries.

第5図 イチゴ連作土壌およびメロン輪作土壌の萎黄病発病程度の比較

M:メロン輪作土壌 S:イチゴ連作土壌 St:殺菌土壌 D:病株接種

考 察

イチゴ萎黄病に軽減効果の高い輪作作物を選定した結果、供試したほとんどの作物は萎黄病軽減に効果的に働き、とくにカボチャ、メロン、ダイコンなどの作物は有効と判断された。しかも、このような作物の栽培期間は3~4か月の短期間であっても発病が低下し、栽培頻度が増加するに従って発病軽減効果が高まると考えられる。また、イチゴ萎黄病抵抗性品種についても発病が低下する傾向が見られ興味深い。

そこで、実証本圃においてメロン、トマト、トウモロコシ、カボチャ、キャベツなどの作物とイチゴを組合わせた短期輪作体系について発病抑制効果を検討したところ、いずれの組合わせもイチゴ連作に比べ顕著な発病軽減効果を示した。ハウスAでは3年間、ハウスBでは2年間短期輪作を続けたが、いずれの輪作区もイチゴ連作区との発病差は変わらず、効果は安定的であると考えられる。

輪作による発病軽減効果について、松田³⁾らはリクト

ウ、トウモロコシ跡地でキュウリつる割病の発生が減少するとし、宇井ら¹²⁾は3年間のオオムギ栽培によってインゲン根腐病の発病が低下したと報告している。フザリウム病に対し、これまでに軽減効果があると報告された作物はイネ科作物が多く、栽培期間の長い年単位の輪作が基本となっている。筆者らの結果ではイネ科作物に限らず、メロン、トマト等の経済性の高い作物も有効であり、しかも数か月間の短期輪作であっても発病軽減効果を認めた。

しかしながら、作物茎葉の土壌混和は発病に影響し、実証本圃では連年の土壌混和によっていずれの作物も発病が助長された。一方、選定試験では混和区の発病は作付毎に変動が大きい、トマト以外の作物では持ち出し区よりも発病が少ない。小倉⁵⁾によると、フザリウム菌は腐生能力があり、新鮮な残渣を利用して増殖するとしており、実証本圃では混和後の期間が不足するために発病が助長されたと考えられる。混和後の期間を十分にとり分解を促進することによって腐生増殖を防ぐことが可能であり、このときには選定圃場で認められたように発病軽減につながる可能性があると思われる。

土壌中の *F. oxysporum* 菌数および萎黄病菌様フザリウム菌数は、作物選定圃場において差がなく、ハウスBのイチゴ茎葉混和区においてのみ高い傾向を認めた。しかし、ハウスBの他の区やハウスAでは作物、処理区間ともに差がなく発病差を示すような菌密度の一定した傾向は認められなかった。土壌希釈平板法による病原菌密度と発病との関係について、松田ら³⁾はキュウリつる割病の病原菌が多くなるほど発病も多くなる一般的な傾向は見られたが、必ずしも相関を示さなかったとしている。本試験においても萎黄病菌の菌叢の特徴をもとに選択したにもかかわらず、発病との相関は認められなかった。

水中分画法によるイチゴ根圏の *F. oxysporum* 菌数は、輪作区に比べイチゴ連作区に植えたイチゴ株から明らかに多く検出された。しかし、供試株の病勢が進行するにともなって検出数が増加する傾向が見られ、菌の検出にサンプリングの影響が大きく現われた。したがって、水中分画法によって得た菌量差によって発病株根圏土壌中の病原菌を動的に捕えることは可能であるが、本法は処理区土壌の感染源の差を把握し、発病を予測する方法として十分ではないと考えられる。

2年間短期輪作を続け発病軽減効果の高かったメロン輪作土壌は、イチゴ連作土壌を100倍希釈した土壌における発病と同程度であり、メロン輪作土壌のもつ感染能力はイチゴ連作土壌の1/100程度と考えられ、両者には顕著な差が見られた。希釈平板法ではこのような差を示すような菌量差は確認されておらず、実際の感染源の量的差異について再度確認する必要がある。

小川⁴⁾は、選択培地を用いた土壌希釈平板法による定量方法の改善策として、個々のコロニーについて幼植物による検定が必要であるとしており、本実験においても処理区毎に検出するコロニーについて病原性を確認する必要がある。

糸状菌数はイチゴ連作区で多かったが、優占菌種をイチゴに接種しても発病に影響せず、イチゴ株に関与する腐生菌と思われた。連作区と輪作区の細菌数、放線菌数、拮抗菌数ならびに線虫数に有意差は認められず、短期輪作による発病軽減にこれらの微生物が関与している可能性は低いと考えられる。また、輪作土壌は病株接種によって殺菌土壌と同等に発病した。すなわち、Smithら¹⁰⁾がサツマイモのつる割病菌を3段階の濃度で接種し、どの濃度においても見られたような土壌の発病抑止力は持たないと思われる。

以上のように短期輪作による軽減機構には病原菌以外の微生物要因や土壌理化学性の関与は低いと考えられる。

伊藤ら¹⁾はオオムギ栽培によるインゲン根腐病の軽減要因として、オオムギ残茬中では根腐病菌の病原力が低下し、これが発病軽減に影響していると報告している。短期輪作による軽減機構を解明するためには、土壌中の病原菌の量的把握だけでなく、質的要因⁹⁾についても検討する必要がある。

摘 要

他作物との短期輪作によって促成イチゴの生産を安定化するために、イチゴ萎黄病に対する軽減効果の高い作物の選定、短期輪作の実証による発病軽減効果の確認、軽減機構について検討した。

1. 促成イチゴの後作に導入できる作物についてイチゴ萎黄病に対する軽減効果を調査した結果、カボチャ、トウモロコシ、メロン、ダイコン、トマト等の作物はイチゴ作付区に比べ発病を軽減した。これらの作物は栽培頻度が増加するに従って発病軽減効果が高まった。
2. 促成イチゴの栽培を2月末で中止し、その後7月までメロン、トマト、トウモロコシ、カボチャ、キャベツを植えた短期輪作区並びに休閑区と7月までイチゴを継続して栽培した区との発病を3年間比較した。その結果、イチゴ連作区では激しく発病し収量が激減したが、短期輪作区は連作区よりも発病が軽減され、収量にも大差があった。
3. メロンとの短期輪作を2年間続けた土壌におけるイチゴの発病は、イチゴ連作土壌を1/100に希釈した土壌での発病に相当した。しかし、土壌中の *Fusarium oxysporum* 菌数はイチゴ茎葉を混和した土壌で増加したが、イチゴ茎葉を圃場外に持ち出した区の土壌や短期輪作土壌には発病差を示すような菌量の差は認められなかった。イチゴ連作土壌では糸状菌数が多い傾向が見られ、細菌数、放線菌数、線虫数には差がなかった。メロンとの短期輪作土壌自体に発病抑止力は認められなかった。

引 用 文 献

1. 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巻: 366—370.
2. 松田 明・下長根 鴻・尾崎克己 1970. 作物の連輪作とフザリウム病発生との関係. 日植病報 56: 163—164.
3. ——— 1977. 野菜の土壌病害. 農山漁村文化

協会 35—37.

4. 小川 奎 1980. 圃場検診 作物のフザリウム病 (松尾卓見ら編) 全国農村教育協会 225
5. 小倉寛典 1980. 土壌中におけるフザリウム菌の生態. 同上: 111—121.
6. 岡山健夫・堀本圭一・小島博文・小玉孝司 1984. 異種作物導入による短期輪作がイチゴ萎黄病の発病に及ぼす影響. 日植病報 50: 389
7. ————— 1986. 異種作物導入によるイチゴ萎黄病の被害軽減. 日植病報 52: 541
8. ————— 1987. 短期輪作によるイチゴ萎黄病の被害軽減とその機作 植物防疫. 41 卷: 325—329
9. 下長根 鴻・尾崎克己 生態的防除 (耕種的・生物的) 作物のフザリウム病 (松尾卓見ら編) 全国農村教育協会 338—360.
10. Smith, S. N. and Snyder, W. C 1971. Relationship of Inoculum Density and Soil Types to Severity of Fusarium Wilt of Sweet Potato *Phytopathology* 61: 1049—1051.
11. 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 B15: 91—186.
12. 宇井格生・赤井 純・内記 隆・伊藤征男 1973. 連作およびオオムギ. 休閒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.