



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

濃厚汚染土壌における各種作物の栽培による根こぶ病菌の減少(アブラナ科植物の根こぶ病に関する研究(VII))

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-06-07 キーワード: 作成者: 池上, 八郎 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5847

濃厚汚染土壌における各種作物の
栽培による根こぶ病菌の減少

(アブラナ科植物の根こぶ病に関する研究 VII)

池 上 八 郎

植物病学研究室

(1985年7月31日受理)

Decrease of Clubroot Fungus by Cultivation of Different
Crops in Heavily Infested Soil

(Studies on the Clubroot of Cruciferous Plants VII)

Hatiro IKEGAMI

Laboratory of Plant Disease Science

(Received July 31, 1985)

SUMMARY

In 1977, farmer's field which had a heavy clubroot outbreak in autumn cultivation of Chinese cabbage was used for this study, and this trial was made for five years from 1978 to 1982. In spring of 1978, the field was examined to determine indirectly the distribution and the density of clubroot fungus (*Plasmodiophora brassicae* Woronin) in 22 plots of two replicates by the percentage of diseased plants and the disease index in cultivation of a highly susceptible Chinese cabbage and a considerably resistant Japanese radish. From autumn cultivation of this year to spring cultivation of 1982, potato, green soybean, Japanese radish, Chinese cabbage, lettuce, spinach and carrot were cultivated continuously, twice in spring and autumn, while Italian ryegrass, Welsh onion and strawberry were grown with one cultivation per year. Every spring, the density of clubroot fungus in the soil was examined indirectly to clarify biological soil decontamination by clubroot outbreak of a highly susceptible Chinese cabbage on potted soil of each plot.

1. Although the continuously cultivated Chinese cabbage from 1978 to 1982 was high degrees in the percentage of diseased plants and the disease index showing remarkably high fungal densities, the fungus in the soils with other crops decreased markedly. From the results based on the percentage of diseased plants in Chinese cabbage and Japanese radish, fungal densities in two plots of fallow soil and Japanese radish showed the greatest decrease, followed by lettuce, carrot, green soybean and Italian ryegrass plots. The other plots also evidenced a markedly fungal decrease as compared with the above Chinese cabbage plot. From the results based on the disease index in Chinese cabbage and Japanese radish, fallow soil, Japanese radish, green soybean and lettuce plots revealed great fungal decrease, followed by spinach, Italian ryegrass and carrot plots.

2. In repeated cultivation of Chinese cabbage and Japanese radish in the heavily infested soil, Chinese cabbage occurred in highly continuous outbreaks, but in Japanese radish, although the first year

displayed a considerable outbreak, the degree of infestation declined rapidly and strongly as the number of cultivations increased. The heavily infested soil employed for the trial could not found diseased plants by six Japanese radish cultivations (three years). This indicates a marked decrease of fungal quantity in the soil.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (50) : 19—32, 1985.

要 約

1977年にハクサイの秋作で根こぶ病が激発した農家圃場を供試し、本研究は1978年から1982年までの5年間行った。1978年春、この圃場に高度罹病性のハクサイとかなり抵抗性のダイコンを栽培し、これらの発病率と発病指数によって間接的に2連制22区における根こぶ病菌の分布と密度を調べた。この圃場にこの年の秋作から1982年春作まで、ジャガイモ、エダマメ、ダイコン、ハクサイ、レタス、ハウレンソウおよびニンジン、またイタリアンライグラス、ネギおよびイチゴは年1回栽培した。毎年春に各区の土壌を鉢に入れ、高度罹病性ハクサイの発病によって生物的な土壌汚染の低下を明らかにすべく、間接的に土壌中の根こぶ病菌の密度を調べた。

1. 1978年から1982年まで、ハクサイの連作区では発病率と発病指数ともに高い値を示し、菌密度は著しく高かったが、他の作物を栽培した土壌中の本病菌はかなり減少した。ハクサイとダイコンの発病率をもとにしてみると、裸地とダイコンの両区の菌量の減少が最も著しく、ついでレタス、ニンジン、エダマメ、イタリアンライグラスの4区であった。他区もハクサイの連作区と比較すると明らかに菌量が著しく減少していた。ハクサイとダイコンの発病指数をもとにしてみると、裸地、ダイコン、エダマメ、レタスの4区は菌量の減少が著しく、ついでハウレンソウ、イタリアンライグラス、ニンジンの3区でかなり減少していた。

2. 濃厚汚染土壌でのハクサイとダイコンの連作において、ハクサイは連続的な根こぶ病の著しい発生であったが、ダイコンの連作では、最初の年はかなりの発生であったが、栽培回数が増すにつれて発生が急速に減少し、著しい菌量の減少をみた。本実験に供試の濃厚汚染土壌にダイコンを6回(3年間)栽培するとダイコンは無発病となり、菌量の著しい減少をもたらしたといえる。

結 言

根こぶ病はアブラナ科植物の根にこぶをつくり、この内部に無数の休眠胞子が形成され、これは寄主植物がなくても土壌中で数年間生存しつづけ、難防除の土壌伝染性病害の1つである。本病に罹病性のハクサイとかカブを連作すると土壌中の本病菌密度は高くなり、これらの野菜の栽培ができなくなるために、やむなく休作とか輪作せざるをえなくなる。土壌中の根こぶ病菌休眠胞子を早急に減らして、再びアブラナ科野菜を栽培することができるような、有効な「おとり作物」(Decoy crop)を見出すための研究が今日までなされてきている。

本研究は根こぶ病菌による濃厚汚染圃場において、1978年から1982年までの5年間、この圃場でアブラナ科野菜2種類と非アブラナ科作物8種類を連作し、毎年、土壌中の菌密度がどのように減少するかを知るために行った。この研究により、本病の発生軽減に効果のある作物を見出し、これらを利用した輪作体系確立による生物的防除の可能性を検討する。

材料および方法

1. 供試圃場とその根こぶ病菌による汚染度の調査法

本研究の供試圃場は1977年の秋作ハクサイに根こぶ病の激発した岐阜県各務原市各務東町の農家圃場440㎡である。この圃場の土質は礫をかなり含む帯赤色土壌で、作土は浅くておよそ15cm、乾燥しやすく、土壌pHは5.4であった。

この圃場での実験は1978年春作から1982年秋作までの5年間行った。まず、この圃場における根こぶ病菌の分布と密度を調べるために1つの試験区を19.8㎡(9×2.2m)とし、11試験区の2連制とした。この

22区分に高度罹病性品種の五十日白菜とかなり抵抗性品種の春蒔美濃早生大根を種子数比で10：1の混合種子を1978年4月26日に播種した。45日後に根部の発病を調べて間接的に土壌中の菌密度とした(Plate I-1)。なお施肥は実験を行った5年間を通じて1区当り複合10：10：10トップ化成(コウノシマ化成KK)の2.5kgを播種前に基肥として、またハクサイとダイコンの他の区はさらに同量を追肥として施用した。

発病調査はハクサイとダイコンともにまず全調査株に対する発病株を数え、発病程度によってつぎの4段階に分けた。

ハクサイ：

1. 無発病-0：こぶの着生がみられないもの
 2. 発病軽-1：側根あるいは主根の先端部にこぶが着生し、その肥大の程度が軽いもの
 3. 発病中-2：主根あるいは側根、または両方に中程度のこぶが着生するもの
 4. 発病甚-3：主根あるいは側根、または両方に大きなこぶが着生するもの
- 発病1, 2, 3にそれぞれ10, 60, 100の重みを与え、次の式で発病指数を算出した。

$$\text{発病指数} = \frac{\sum (\text{各発病程度ごとの株数} \times \text{重み})}{\text{全株数}}$$

ダイコン：

1. 無発病-0：主根上に黒褐色斑とその部分にこぶがみられないもの
2. 発病軽-1：主根上に小数の黒褐色斑がみられるがこぶの形成のないもの
3. 発病中-2：主根上にかなりの黒褐色斑があり、この部分に小形のこぶが形成されているもの
4. 発病甚-3：主根上に黒褐色斑が大きく発達し、この部分に大小のこぶが形成され、主根は短くなり変形するもの

発病1, 2, 3にそれぞれ10, 60, 100の重みを与え、発病指数は上述のハクサイと同様の式で算出した。ハクサイとダイコンの発病率および発病指数は実験結果のところで示すTable 2とTable 3の通りである。

ハクサイの発病率は90.6~100.0%の範囲であり、発病指数は85.4~99.8の範囲で極めて高い値で、供試22区は全体的に同程度の極めて高い菌密度であることがわかった。またダイコンでは発病率が24.7~62.8%, 発病指数は6.9~35.4で、ともに範囲の巾はハクサイより広がっていたが、かなり抵抗性のダイコンがこのように発病しているのは菌密度の著しく高いことを示している。

なお、本研究の最終年の1982年秋作も上述のハクサイとダイコンの同じ品種を9月5日に播種し、45日後に根こぶ病の発病調査を行ない、間接的に本病菌の土壌における密度を調べた。

2. 供試圃場の試験区

上述の1978年春作のハクサイとダイコンの根こぶ病の発病指数から2つの連制(A, B)における11試験区に汚染順位をつけ、そして2つの連制間で11組合せをつくり、これらの組合せで同一作物を連作することにした。また各試験区はPlate I-2のように厚さ0.5mm, 巾45cmのビニール製畦畔波板をおよそ20cm埋め、杭を両側から挟んで打ち込んで固定し、区分した。

3. 連作した作物

現在までに土壌中の根こぶ病菌密度を減少するとされている作物などをTable 1のようにA, Bの2連制とし配列した。これらの作物名、品種および入手先はつぎのようである。

- 1) イネ科-イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum* Lam.) 早生四倍体イタリアンライグラス
タキイ種苗KK
- 2) ナス科-ジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.) 男しゃく-春作-北海道産, 雲仙-秋作-長崎県産
- 3) マメ科-エダマメ (*Glycine max* (L.) Merr.) 早生みどり枝豆 北海道産
- 4) アブラナ科-ダイコン (*Raphanus sativus* L.) 春蒔美濃早生大根 タキイ種苗KK
- 5) アブラナ科-ハクサイ (*Brassica pekinensis* Rupr.) 五十日白菜 タキイ種苗KK

Table 1. Arrangement of different crops in two sets of A and B in heavily infested field

A	B
Potato	Fallow soil
Spinach	Lettuce
Welsh onion	Carrot
Carrot	Spinach
Japanese radish	Green soybean
Lettuce	Potato
Fallow soil	Italian ryegrass
Italian ryegrass	Chinese cabbage
Strawberry	Welsh onion
Green soybean	Strawberry
Chinese cabbage	Japanese radish

- 6) ユリ科—ネギ (*Allium fistulosum* L.) 九条葱 京都府産
 7) キク科—レタス (*Lactuca sativa* L.) みかどグレード 株式会社みかど育種農場 (アメリカ産)
 8) アカザ科—ハウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) パイオニア法蓮草—春作—坂田種苗KK (アメリカ産) 弁天1号法蓮草—秋作—タキイ種苗KK (徳島県産)
 9) セリ科—ニンジン (*Daucus carota* L.) 黒田五寸人参 長崎県産
 10) バラ科—イチゴ (*Fragaria grandiflora* Ehrh.) 宝交早生 岐阜県産

上述の作物のうち、イタリアンライグラス、ネギおよびイチゴは年1回栽培とし、他の7種類は春と秋の2作とした (Plate I—3)。これらの作物の播種期または植付期は例年各務原市各務東町で行われている時期とした。すなわちイタリアンライグラスは9月上旬播種、ネギは4月上旬、イチゴは8月下旬にそれぞれ植付け、他の7種類は春作では4月上旬～中旬、秋作は8月中旬～9月上旬とした。なおイタリアンライグラスは播種後2, 3, 4ヶ月後にそれぞれ刈り取った。

上述の作物のうちハクサイとダイコンは播種後40～45日に掘り上げて発病調査を行い、各試験区の調査株数はおよそ200であった。他の作物は適期に収穫した。調査または収穫後の植物体はすべて他へ搬出し、圃場に植物残渣を残さないように留意した。また実験圃場の除草は徹底的に行った。

4. 各作物連作土壌の汚染度の調査

1979年から1982年までの4年間、毎年春作として4月上旬に各試験区内に直径18cmの素焼鉢9個を並べて埋込み、同一試験区の任意の10ヶ所から採土し、5mm篩で通した土壌を鉢に入れた。これに五十日白菜を播種し、40日後に発病率、そして発病指数を算出した (Plate II—1, 2)。なお各試験区ともに調査株数はおよそ70であった。

また1982年の最終年の秋作は1978年春作と同じハクサイとダイコン品種を播種し、45日後にこれらの発病調査を行い、各種作物の4年連作による土壌中の菌量の減少程度を明らかにした (Plate IV—1, 2)。

結 果

1. 各種作物を連作した濃厚汚染土壌における菌量の減少

1978年春作と1982年秋作の全試験区におけるハクサイとダイコンの発病率および1979年から1982年までの4ヶ年の春の鉢栽培ハクサイの発病率を Table 2 に示す。

1978年秋に各作物を1回栽培後、1979年春の各区における鉢栽培ハクサイの発病率は裸地、ダイコン、イタリアンライグラスの3区で前年春の発病率のおよそ1/4と低くなり、土壌中の菌量がかかなり減少していることを示した。ついでエダマメ、ネギ、ニンジンの3区の発病率が低く、イチゴとレタスの両区の発病率はおよそ2/5となり、菌量の減少をみた。ジャガイモ区はおよそ1/2で各試験区のうちでは発病率が最も高く、菌量が最も多かった。しかし、ハクサイ連作区は発病率100%で高密度の菌量が土壌中に存在していること

Table 2. Percentage of diseased plants in Chinese cabbage and Japanese radish in the field of continuous cultivation of different crops in heavily infested field

Crop	Set	Percentage of diseased plants %							
		1978 (Spring)		1979 1980 1981 1982				1982 (Autumn)	
		Chin. cab.	Jap. rad.	Chinese cabbage (Spring)				Chin. cab.	Jap. rad.
Italian ryegrass	A	95.1	44.9	25.4	7.0	0	3.7	0	1.0
	B	100.0	46.9	27.5	8.7	0	0	0	0
Potato	A	99.0	47.5	50.0	1.9	0	0	3.7	0
	B	100.0	45.5	54.9	20.0	14.3	4.3	1.7	0
Green soybean	A	100.0	37.5	19.0	0	0	2.4	1.4	0
	B	98.7	36.8	37.8	0	0	0	1.6	1.1
Japanese radish	A	100.0	43.0	19.7	0	0	1.5	0	0
	B	100.0	62.8	28.2	6.8	0	0	0	0
Chinese cabbage	A	100.0	44.7	100.0	93.1	100.0	54.3	34.4	14.2
	B	94.1	38.0	100.0	100.0	100.0	93.0	92.4	28.1
Welsh onion	A	100.0	46.3	43.5	7.1	0	1.4	4.4	2.6
	B	99.1	44.6	12.7	27.8	0	7.4	1.8	0
Lettuce	A	100.0	42.9	39.3	0	0	1.8	1.2	2.5
	B	99.6	43.5	45.6	0	0	0	0	0
Spinach	A	100.0	58.4	47.9	1.6	11.1	0	2.1	0
	B	100.0	58.1	26.9	0	0	0	0	2.1
Carrot	A	100.0	50.0	28.6	0	0	1.5	0	2.2
	B	100.0	57.1	26.6	0	9.1	0	1.5	0
Strawberry	A	100.0	58.6	37.5	11.1	0	0	7.1	1.6
	B	100.0	50.5	47.3	27.3	0	13.8	3.5	0
Fallow soil	A	100.0	42.9	28.1	2.9	0	0	0	0
	B	90.6	24.7	16.7	0	0	0	0	0

を示した。

1年半後の1980年春の鉢栽培ハクサイはエダマメ、レタス、ニンジンの3区で無発病、ついでハウレンソウ、裸地、ダイコンの3区で著しく低率となり、これらの各区において菌量の著しい減少をみた。しかし、イタリアンライグラス、ジャガイモ、ネギ、イチゴの4区ではなおハクサイの発病がいくらかみられた。ハクサイ連作区の鉢栽培ハクサイは極めて高い発病率であった。なお1980年の春作状況を Plate II-1, 2に示す。

各作物を連作して2年半の1981年と3年半の1982年における春の鉢栽培ハクサイは裸地区が無発病、ついでダイコン、レタス、エダマメ、イタリアンライグラスの4区で発病率は極めて低く、菌量の著しい減少を示した。しかし、ネギ、ニンジン、ハウレンソウ、イチゴ、ジャガイモの5区では上述の各区と比較するといくらか高い発病率であった。ハクサイ連作区は連続して高い発病率で、菌量の多いことを示した。1982年の春作状況を Plate III-1~3に示す。

各作物を4年間連作後の1982年の秋作は1978年春作と同じハクサイとダイコン品種を播種し、45日後に発病を調べた。その結果、ダイコンと裸地の両区は無発病、他区では両方か一方に発病をみた。発病率の著しく低かった区はイタリアンライグラス、レタス、ニンジン、エダマメ、ハウレンソウの5区であった。ジャガイモ、ネギ、イチゴの3区ではなおいくらか発病をみた。

上述の濃厚汚染土壌における各作物の4年間連作による根こぶ病菌菌量の減少をハクサイとダイコンの発病率をもとにしてまとめるとつぎのようである。調査年度によるふれはあったが、裸地とダイコンの両区の菌量の減少が最も著しく、ついでレタス、ニンジン、エダマメ、イタリアンライグラスの4区であった。

Table 3. Disease index in Chinese cabbage and Japanese radish in the field of continuous cultivation of different crops in heavily infested field

Crop	Set	Disease index*							
		1978 (Spring)		1979	1980			1981	1982
Chin. cab.	Jap. rad.	Chinese cabbage (Spring)			Chin. cab.	Jap. rad.			
Italian ryegrass	A	87.3	15.1	2.5	4.7	0	2.6	0	0.1
	B	99.8	16.9	3.7	3.8	0	0	0	0
Potato	A	91.1	13.8	22.5	1.9	0	0	1.6	0
	B	99.1	17.8	12.4	10.0	1.4	4.3	0.6	0
Green soybean	A	95.8	12.4	3.5	0	0	1.5	0.1	0
	B	95.0	14.4	10.0	0	0	0	1.6	0.1
Japanese radish	A	94.3	10.4	3.3	0	0	1.5	0	0
	B	97.4	35.4	14.4	1.4	0	0	0	0
Chinese Cabbage	A	98.4	21.2	93.5	75.6	100.0	46.2	25.7	4.7
	B	97.4	11.9	93.2	93.0	100.0	90.9	81.7	11.2
Welsh onion	A	98.1	11.6	16.7	4.0	0	1.5	2.5	0.9
	B	94.9	16.6	2.1	13.9	0	5.9	1.8	0
Lettuce	A	98.4	11.1	8.0	0	0	1.8	1.2	0.3
	B	94.9	11.6	19.3	0	0	0	0	0
Spinach	A	95.1	18.1	13.0	1.0	6.7	0	2.1	0
	B	96.7	21.3	5.5	0	0	0	0	0.2
Carrot	A	95.7	13.1	13.1	0	0	1.5	0	0.2
	B	95.6	18.8	5.8	0	9.1	0	1.5	0
Strawberry	A	93.9	27.1	12.5	8.4	0	0	5.1	0.2
	B	97.5	18.8	17.6	14.3	0	10.7	2.7	0
Fallow soil	A	99.8	12.4	8.8	1.0	0	0	0	0
	B	85.4	6.9	5.4	0	0	0	0	0

* Clubroot rating : slight-10, moderate-60 and severe-100.

$$\text{Disease index} = \frac{\sum(\text{No. of plants at each rating} \times \text{rating})}{\text{Total number of plants}}$$

他区はハクサイの連作区と比較すると明らかに菌量のかかりの減少をみたが、上述の各区ほどの結果はえられなかった。

つぎにこぶ形成の程度を加味した発病指数を Table 3 に示す。

1978年春作のハクサイの発病指数は85.4~99.8で、上述の発病率と比較すると発病株の多くが発病甚(発病の重み100)であることがわかった。これに対して、ダイコンの発病指数は6.9~35.4の範囲で、発病率と比較すると、こぶ形成の程度の低い個体の多いことを示していた。

1979年の鉢栽培ハクサイの発病指数と前年のハクサイのそれとを比較すると、ハクサイ連作区を除く各区は1年後に著しく低くなっていた。2連作のAとBにおいて発病指数にふれはあったが、低い区から順に示すと、イタリアンライグラス、エダマメ、ダイコン、ハウレンソウ、ネギ、ニンジンの各区であり、つづいてレタス、イチゴ、ジャガイモの各区の順に高かったが、これらの区でも前年春の発病指数のおよそ1/6とかなり低かった。

1980年から1982年の鉢栽培ハクサイの発病指数は裸地、エダマメ、レタス、ダイコンの3区で極めて低く、ついでハウレンソウ、イタリアンライグラス、ニンジンの3区となり、いずれの区も菌量は著しく減少し、上述のこれらの区の発病率と比較すると発病してもこぶ形成程度の低いことを示している。なおハクサイ連作区は高い発病指数がつづいていた。

1982年の秋作のハクサイとダイコンの発病指数はダイコンと裸地の2区が無発病、ついでイタリアンライグラス、レタス、ニンジン、エダマメ、ジャガイモ、ハウレンソウ区で、各区ともに発病率と比較すると、明らかにこぶ形成の程度は低いことがわかった。

1979年から1982年までのハクサイとダイコンの各区における発病指数から、裸地、ダイコン、エダマメ、レタスの4区は著しく低く、菌量の減少の著しいことを示した。ついでハウレンソウ、イタリアンライグラス、ニンジンの3区がつづき、ジャガイモ、ネギ、イチゴの3区ではなおいくらかの発病指数がみられた。

2. ダイコンとハクサイを連作した濃厚汚染土壌における菌量の減少

1978年から1982年まで毎年春と秋の2回、計10回、ダイコンとハクサイを連作し、この間の根こぶ病の発病率と発病指数を Table 4 に示す。

Table 4. Clubroot outbreak in continuous cultivation of Japanese radish and Chinese cabbage in heavily infested field

Item	Set	1978		1979		1980		1981		1982		
		Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	Spring	Autumn	
Japanese radish	Percentage of diseased plants %	A	43.0	28.1	3.9	2.2	2.5	2.3	0	0	0	0
		B	62.8	22.1	7.6	2.9	3.6	3.8	0	0	0	0
	Disease index	A	10.4	2.9	0.4	0.2	0.3	0.2	0	0	0	0
		B	35.4	6.7	0.8	0.3	0.4	0.6	0	0	0	0
Chinese cabbage	Percentage of diseased plants %	A	100.0	95.5	99.2	68.5	69.2	83.5	53.4	41.0	55.4	34.4
		B	94.1	89.1	97.9	56.5	85.6	97.5	80.2	70.6	94.8	92.4
	Disease index	A	98.4	90.5	94.2	44.0	50.6	64.3	37.6	23.4	46.2	25.7
		B	97.4	81.7	85.2	29.6	67.1	92.4	57.8	45.9	90.9	81.7

ダイコン連作区はダイコンとハクサイの1978年の混播による1作後に発病率と発病指数ともに明らかに低くなり、菌量の減少がみられた。ついで2作後ではさらに低い値となり、1979年秋作から1980年秋作までの発病率は2.2~3.8%と極めて低く、また発病指数は1979年春作から1980年秋作まで0.2~0.8という著しく低い値で、土壌中の菌量の減少の著しいことがわかった。本実験に供試した濃厚汚染土壌でダイコンを6回栽培すると、ダイコンは無発病となった。

ハクサイ連作区では発病率は連作のAとBにおいて、また年度により差異はあったが、全体的に毎年高い発病率と発病指数を示し、ダイコン連作区と比較するとハクサイは連作によって根こぶ病の発生がかなり高い値でつづくことがわかった。

考 察

本研究に供試した濃厚汚染土壌中の根こぶ病菌の菌量は非アブラナ科作物の連作と裸地において年ごとにかなり急速な減少をみた。またアブラナ科のダイコンでも同様なことがわかったことは注目される。また罹病性のアブラナ科野菜を4年間栽培しなくてもなお土壌中にはハクサイとダイコンの少数を発病させる生存力の強い本病菌の存在が確認された。

根こぶ病の生物的防除の1つとして、汚染圃場にある作物を栽培して本病菌の菌量を減少させようとした研究は古くから行われてきており、この菌量の減少に有効とする作物、すなわち「おとり作物」がわが国と外国で報告されている。

筆者は1978年¹⁾、アンケートによってわが国の根こぶ病発生地で、汚染土壌中の菌量を減少させると考えられる非アブラナ科作物を問うたところ、ジャガイモ、レタス(秋田県)、ジャガイモ、レタス、ニンジン、タマネギ(群馬県)、ネギ(埼玉県)、ジャガイモ(東京都)、ソルゴ(神奈川県)、食用トウモロコシ(山梨県)、タマネギ、レタス、パセリ、エンドウ、ナス、ピーマン、ニンジン(石川県)という返答があり、これらのうち多いものとして、ジャガイモ、レタス、タマネギ、ニンジンが挙げられる。

つぎに文献で見られる「おとり作物」を示すとつぎのようである。

1. 食用作物 コムギ²⁾, スイートコーン³⁾, ソバ⁴⁾, ジャガイモ⁵⁻⁸⁾, インゲンマメ⁹⁾, 矮性インゲンマメ²⁾
2. 特用作物 テンサイ^{7,8,10,11)}, セイヨウハッカ¹²⁾
3. 野菜 トマト²⁾, ナス¹³⁾, ピーマン¹³⁾, キュウリ²⁾, タマネギ¹³⁾, ネギ¹⁴⁾, レタス^{3,13,15)}, ニンジン^{8,11,13)}, パセリ¹³⁾, エンドウ¹³⁾
4. 牧草 ライグラス²⁾, コモンベッチとエンバクの混播⁷⁾, 牧草類¹¹⁾

これらの報告ではジャガイモ, テンサイ, レタスおよびニンジンが多く挙げられており, 本実験ではレタスとニンジンは効果的であったが, ジャガイモは供試作物のうちでは効果が低かった。

また汚染土壌にペレニアルライグラスとニンジン栽培すると, アブラナ科野菜の根毛感染を減少させるとの報告もある¹⁵⁾。

濃厚汚染圃場ではアブラナ科作物を栽培しないで, 非アブラナ科作物の輪作か休作が本病防除の基本と考えられている。汚染圃場における非アブラナ科作物の輪作による菌量減少は本研究で明らかになったが, これに関連したいくつかの報告がある。

Tupenevich ら⁷⁾はカンランの発病率は輪作1年目—34.5%, 2年目—11.1%, 3年目—8.2%, 5年目—5.5%と報じている。木暮(1976年, 群馬県農業技術課資料による)は群馬県の嬭恋村で, カンランの根部被害度(健全0—発病甚100)が90以上の汚染圃場でレタスか長ネギを1年栽培すると70以下に減少し, レタス—ジャガイモの2年栽培で40, レタス—ジャガイモ—ニンジンまたは牧草(イタリアンライグラスとラジノクローバーの混播)—牧草—牧草の3年栽培で5内外に減り, ここに再びカンランを2連作すると60—70内外に, 3連作すると最初の90以上の発病に戻るとの報告もある。また宮川ら¹⁶⁾はハクサイ多発圃場で露地メロン—レタスまたはソルガム—レタスの作付体系で3年間栽培し, 4年目にハクサイを栽培したところ, 発病株率は5%であったとの報告がある。これら3—5年の輪作によりいずれも, その年数の長いほど土壌中の菌量の減少が明らかにされている。

本研究では濃厚汚染土壌で4年間の非アブラナ科作物の連作でなお根こぶ病菌の生存しつづけていることがわかった。本病菌による汚染土壌での非アブラナ科作物の栽培年数はつぎのように研究者によって異なっている。3年¹⁷⁾, 4年¹⁸⁾, 4年かそれ以上¹⁹⁾, 4—5年^{20,21)}, 6年²²⁾, 6—8年²³⁾, 7年²⁴⁾, 7—8年²⁵⁾および8年⁶⁾となっている。

Fedorintschik²⁶⁾によると, 汚染圃場で7年間アブラナ科作物を栽培しなかった場合, この圃場へ移植した健全カンラン苗の26%が発病できるに十分な生活力のある孢子があったと報じている。また本橋ら²⁷⁾によると, 本病菌は土壌中では4年, 水中では1年7ヶ月以上生存するとしている。

輪作する作物の種類によって菌量の減少程度は異なるとしても, 本病菌のいくらかは数年間生存しつづけることが示唆される。

本研究において, ダイコンの連作で著しい菌量の減少がみられ, これは他の非アブラナ科作物の連作よりもむしろより有効であった。供試ダイコン品種は本研究開始時の土壌中の菌密度が高かったために40—50%の発病をみたが, 連作を重ねるにつれて発病率と発病指数の著しく低くなったことは休眠孢子が発芽と生じた第一次遊走子の根毛感染による菌量の減少と考えられる。このことは本病抵抗性のアブラナ科作物の栽培で土壌中の菌量を減らすことの可能性を示している。なお, ダイコンの場合はほとんど主根に発病し, これを掘り上げて他へ搬出したことの効果も併せて考えられる。

Murphy⁶⁾によると, 飼料用ダイコンの Mangel の栽培後, 本病による発生減少, また Macfarlane¹⁵⁾はアブラナ科作物を栽培した汚染土壌でアブラナ科作物の根毛感染の減少することをそれぞれ報じている。

根こぶ病菌による根毛感染が非アブラナ科植物にもおこるとする報告がある。アラセイトウとペレニアルライグラス¹⁵⁾, カモガヤ, コヌカグサ, モクセイソウおよびノウゼンハレン^{15,28)}, ホソムギ²⁸⁾, ヒナゲシ^{15,28,29)}, シラゲガヤ, *Fragaria* sp. (オランダイチゴ属)および *Rumex* sp. (ギンギン属)³⁰⁾およびライグラス²⁾が挙げられる。これらの植物は汚染土壌で生育すると, 土壌中の休眠孢子が発芽し, 生じた第一次遊走子が根毛に感染する過程で土壌中の菌量の減少を伴う「おとり植物」になる可能性が考えられる。

裸地は非アブラナ科作物の連作よりも菌量の減少がより著しいことがわかったが, これは土壌が乾燥し

高温になることにより、本病菌がより早く死滅することが考えられる。汚染土壌の胞子は早ばつが長びくと死滅するとし³¹⁾、乾燥土壌中の休眠胞子は20—30日後にスグキナへの感染を失ったとの報告³²⁾、また汚染土壌をポット内で越夏させた場合、屋外の乾燥条件下で4ヶ月で感染力を失うとする報告もある³³⁾。汚染土壌を裸地にし栄養物質を施用して本病菌による感染力の低下をみたとの結果もある¹⁵⁾。

根こぶ病菌は土壌中で長年月生存しつづけるが、しかし罹病性の高いアブラナ科作物を栽培しないと、年とともに菌量の減少度が増してゆくことは本研究で明らかになった。休眠胞子は発芽して第一次遊走子を生じ、これの土壌中での寿命は短かいと考えられる。この発芽は土壌の自然条件下で行われ、休眠胞子の発芽に好適な条件下ではこの土壌中での生存期間の短縮が考えられる。

休眠胞子の発芽率は土壌浸出液^{34,35)}において高くなること、またアブラナ科植物の根部汁液はさらに発芽率を高めること³⁵⁾、またカリフラワー、*Sinapsis alba* および *Lepidium sativus* の根の滲出物質は休眠胞子の発芽を刺戟するとの報告もある³⁶⁾。

つぎに汚染圃場での非アブラナ科作物の輪作または休作に関連して、その圃場におけるアブラナ科雑草の除去がある。本実験ではこれらの雑草も含めて除草は徹底的に行った。わが国ではナズナ、イヌガラシ、スカンタゴボウ¹⁾などのアブラナ科雑草の発病がみられ、輪作または休作期間にこれらの雑草で病原菌が生き延び、これにより土壌中の菌密度の維持も考えられる。アブラナ科雑草の除去は本病防除のために是非とも必要である。

謝 辞

本研究は1978年から1982年までの農林水産省農林水産技術会議事務局による「地力維持・連作障害克服を基幹とする畑地新管理方式の開発に関する総合研究」に参加して行ったもので、ここに厚く謝意を表す。また1978年から5ヶ年間、岐阜大学農学部植物病理学研究室の内記隆助教授並びにこの間に専攻した多くの学生諸君の積極的なご協力をえた。ここに感謝の意を表す。

引 用 文 献

- 1) 池上八郎：最近におけるアブラナ科野菜根こぶ病の研究動向。植物防疫 32(3)：7-15, 1978.
- 2) Buczacki, S. T. & Stevenson, Karen : Clubroot of brassicas. In 30th Annual Report for 1979, National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick, UK (1980) : 69-70, 1980.
- 3) 大谷英夫・丸山 進・長瀬嘉通：高冷地におけるハクサイ根こぶ病の総合防除に関する実証的研究 III, 異科野菜導入による作付体系の根こぶ病防除効果。長野野菜花き試報(3)：97-106, 1983.
- 4) Halsted, B. D. : Report of the botanist. Rept. N. J. Agric. Exp. Sta., 1897 : 265-274.
- 5) Milburn, M. M. : Experimental investigations on the finger and toe in turnips. Jour. Agric. July 1853-March 1855, pp. 73-82, 1855.
- 6) Murphy, P. A. : Some fungus diseases of root crops. Jour. Dept. Lands and Agric. Ireland 2712-2723, 1927.
- 7) Tupenevich, S. M. & Sokolova, L. A. : Ispol'zovanie sevooborota i udobrenii v boibe s kiloï Kapusti. Trud. Vsesoyuz. Inst. Zashch. Rast. 20(2) : 50-52, 1964. (RAM 44(4) : 170, 1965)
- 8) Polyakov, I. M., Vladimirskaya, M. E. & Il'ina, M. N. : Bor'ba s kiloï kapusty. Zashchita Rastenii No. 4 : 39-40, 1975. (RPP 54(12) : 1037, 1975)
- 9) Müller-Thurgau, H. & Osterwalder, A. : Weitere Untersuchungen zur Bekämpfung der Kohlhernie. Landw. Jahrb. Schweiz. 38 : 613-614, 1924.
- 10) Arker, H. : Erfahrungen mit Schädbekämpfungsmassnahmen im Kohlenbau. Nachr. Schäd-Bekämpf. Leverkusen 10 : 162-171, 1935.
- 11) Autko, A. A. : Sevooborot i kila Kapusty. Zashchita Rastenii (1978) No. 11 : 34, 1978. (RPP 58(9) : 386, 1979)
- 12) Ellis, N. K. : The effects of growing peppermint on the persistence of club root of cabbage in muck soil. Diss. Mich. State Coll. (Publ. No. 1737), 84 pp., 1950. (RAM 31(1) : 43, 1952)
- 13) 田村 実・竹谷宏二：石川県におけるハクサイ根こぶ病の生態と防除に関する研究 石川農試研報(9) : 1

- 26, 1977.
- 14) 白浜賢一：十字科蔬菜の根瘤病の防除(2) 植物防疫 7(9) : 326-328, 1953.
 - 15) Macfarlane, I : Factors affecting the survival of *Plasmodiophora brassicae* Wor. in the soil and its assessment by a host test. Ann. appl. Biol. 39 : 239-256, 1952.
 - 16) 宮川寿之・小出仁士・菅原眞治・木下忠孝：アブラナ科野菜の根こぶ病防除法. 農業の新技術 No.22 : 13-15, 愛知農総試, 1984.
 - 17) De Andres, C. G. : Notas sobre la hernia de la Col. Bol. Bot. Veg. y Ent. Agric. Madr. 4 : 15-18, 98-104, 1929.
 - 18) Lindfors, T. : Bidrag til kannedomen om klumrotsjukan bekämpande. Kongl. Landbr. Akad. Handl. Tidskr. 63 : 267-287, 1924.
 - 19) Stubbs, L. L. : Some diseases of cabbages and cauliflowers. Jour. Dept. Agric. Victoria 34 : 208-212, 1941.
 - 20) Siemaszko, W. : Notatki fitopatologiczne. II. Choroby i Szkodniki Róslin, Warsaw 1 : 40-43, 1925.
 - 21) Kalchschmid, W. : Krankheiten an Kohlgewächchen und ihre Bekämpfung. D'tsch. Landw. Presse 68 : 185-186, 1941.
 - 22) Gibbs, J. G. : Factors influencing the control of club root. N. Z. Jour. Sci. Tech. 20A: 409-412, 1939.
 - 23) Nielsen, N. J. : Forsøg med Bekaempelse af Kaalbroksvamp. Tidsskr. Planteavl 39 : 361-391, 1933.
 - 24) Motte, M. H. : La hernie du chou. Jour. d'Agric. Prat., Paris, n. s. 59 : 177-178, 1933.
 - 25) Jørstad, I. : Hvorledes skal man bekaempe klumproten paa vore Kaalvekster? Norsk Havetid. 39 : 126-127, 1923.
 - 26) Fedorintschik, N. S. : Agricultural methods for the control of soil-inhabiting organisms, parasitic on plants (In Russian). Pl. Rrot. Leningrad 5 : 61-66, 1935.
 - 27) 本橋精一・土方 智・小川照雄：ツケナ根瘤病防除に関する研究 東京農試研報 2 : 63-91, 1957.
 - 28) Bawden, F. C. : Plant Pathology Department. Rept. Rothamsted Exp. Sta. for 1948 : 51-56, 1949. (RAM 29(5) : 246-248, 1950)
 - 29) Kole, A. P. & Philipsen, P. J. J. : Over de vatbaarheid van niet-kruisbloemige planten voor het zoosporangium-stadium van *Plasmodiophora brassicae* Woron. Tijdschr. Pl'ziekt. 62 : 167-170, 1956. (RAM 36(3) : 154,1957)
 - 30) Webb, P. C. R. : Zoosporangia, believed to be those of *Plasmodiophora brassicae*, in the root hairs of non-cruciferous plants. Nature, London 163(4146) : 608, 1949.
 - 31) Monteith, J. : Relation of soil temperature and soil moisture to infection by *Plasmodiophora brassicae*. Jour. Agric. Res. 28 : 549-561, 1924.
 - 32) 桂 琦一：土壌中における絶対的寄生菌の生活様式-*Plasmodiophora brassicae* を例として-. 日植病報 31(記念号 2) : 407-409, 1965.
 - 33) 梅原吉広・田村 実：アブラナ科根こぶ病の生態に関する研究 石川農試研報 (5) : 1-18, 1968.
 - 34) Chupp, C. : Studies on club root of cruciferous plants. Cornell Agric. Exp. Sta. Bull. 387 : 421-452, 1917.
 - 35) 成田武四・西山保道：十字科作物根瘤病菌休眠胞子の発芽についての1, 2の知見. 栃内・福土両教授還暦記念論文集 309-315, 1955.
 - 36) Bochow, H. : The effect of root diffusates and non-host plants on the resting spore germination of *Plasmodiophora brassicae* Wor. Proc. Symposium on Relationships between soil microorganisms and plant roots. Prague, Sept. 24-28, 1963.



Plate I. Experimental field in 1978

1. Spring cultivation on June 10 of Chinese cabbage and Japanese radish for the determination of fungal distribution and density in heavily infested field
2. Twenty-two experimental plots of two sets of A and B for the trial on the decrease of clubroot fungus in the field
3. Autumn cultivation of different crops on October 20, from front to right ; Japanese radish, strawberry, Welsh onion, Chinese cabbage of B set

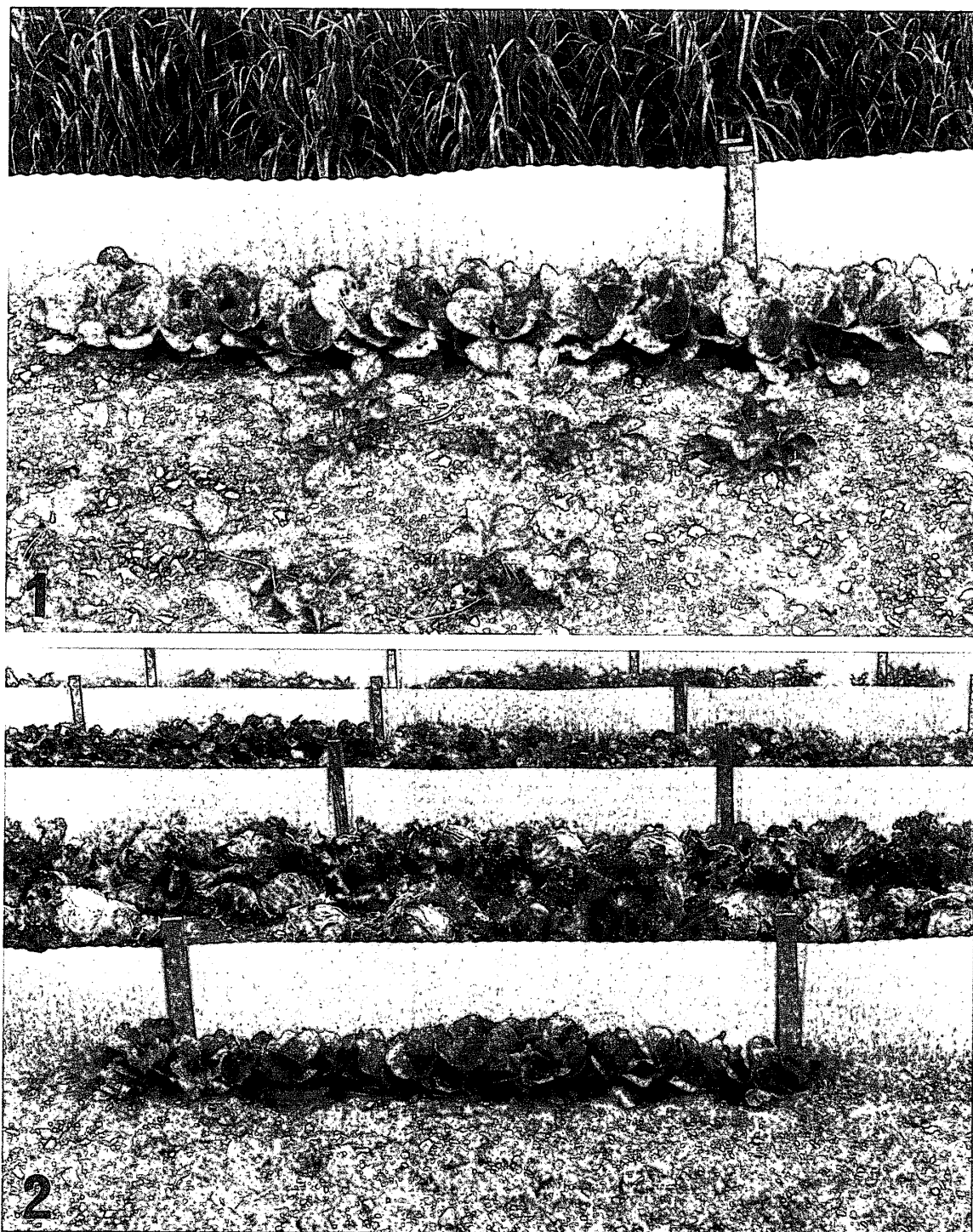


Plate II. Experimental field of A set on May 22 in 1980

1. Cultivation of strawberry (front) and Italian ryegrass (upper), and potted Chinese cabbage plants for the examination of fungal density in the soil of strawberry plot
2. Cultivation, from front to upper ; fallow soil, lettuce, Japanese radish and carrot, and potted Chinese cabbage plants for the examination of fungal density in the soil of fallow soil plot

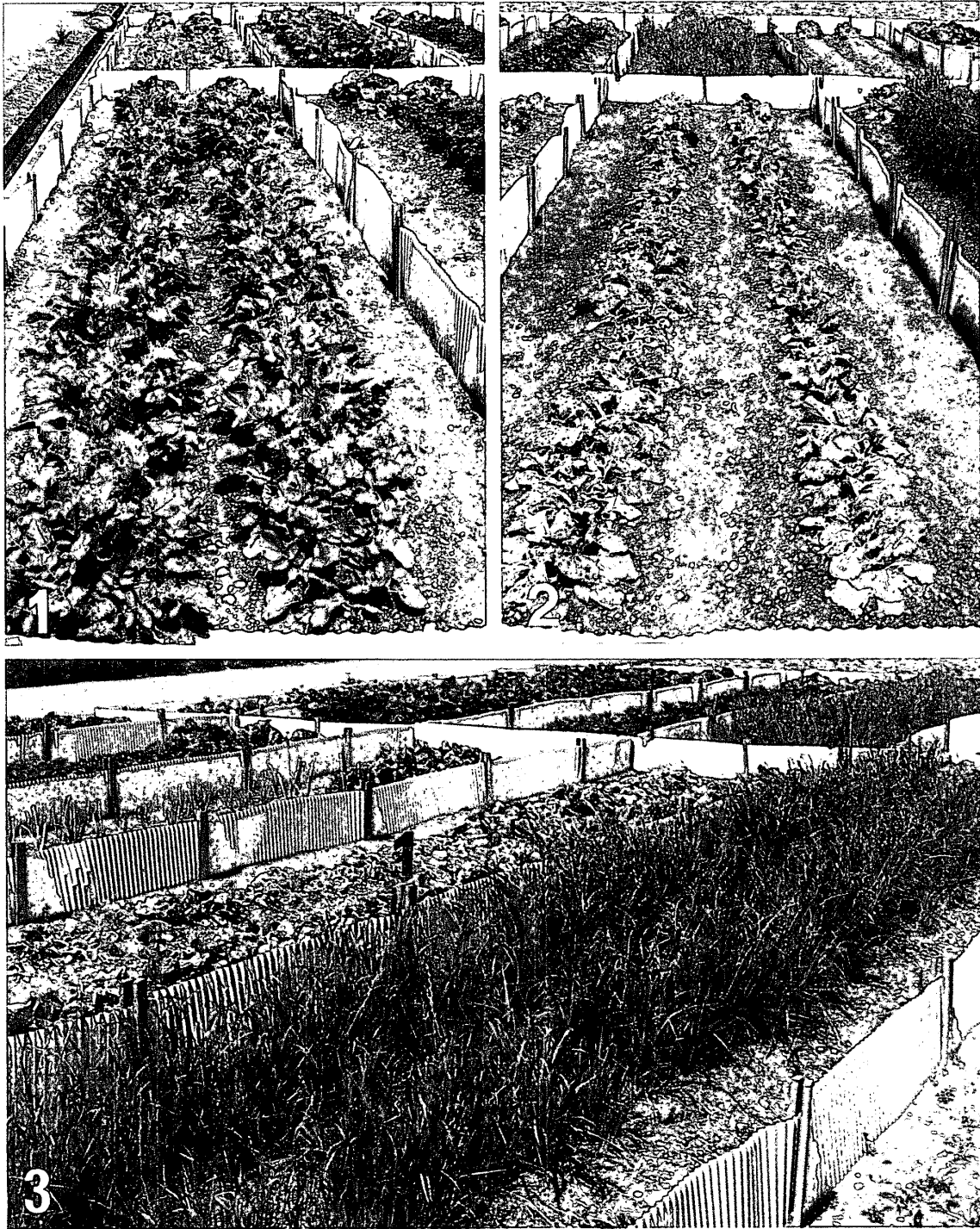


Plate III. Experimental field of B set on June 5 in 1982

1. Japanese radish plants of vigorous growth in continuous cultivation
2. Severely-affected Chinese cabbage plants in continuous cultivation
3. Italian ryegrass, Chinese cabbage and Welsh onion from right to left

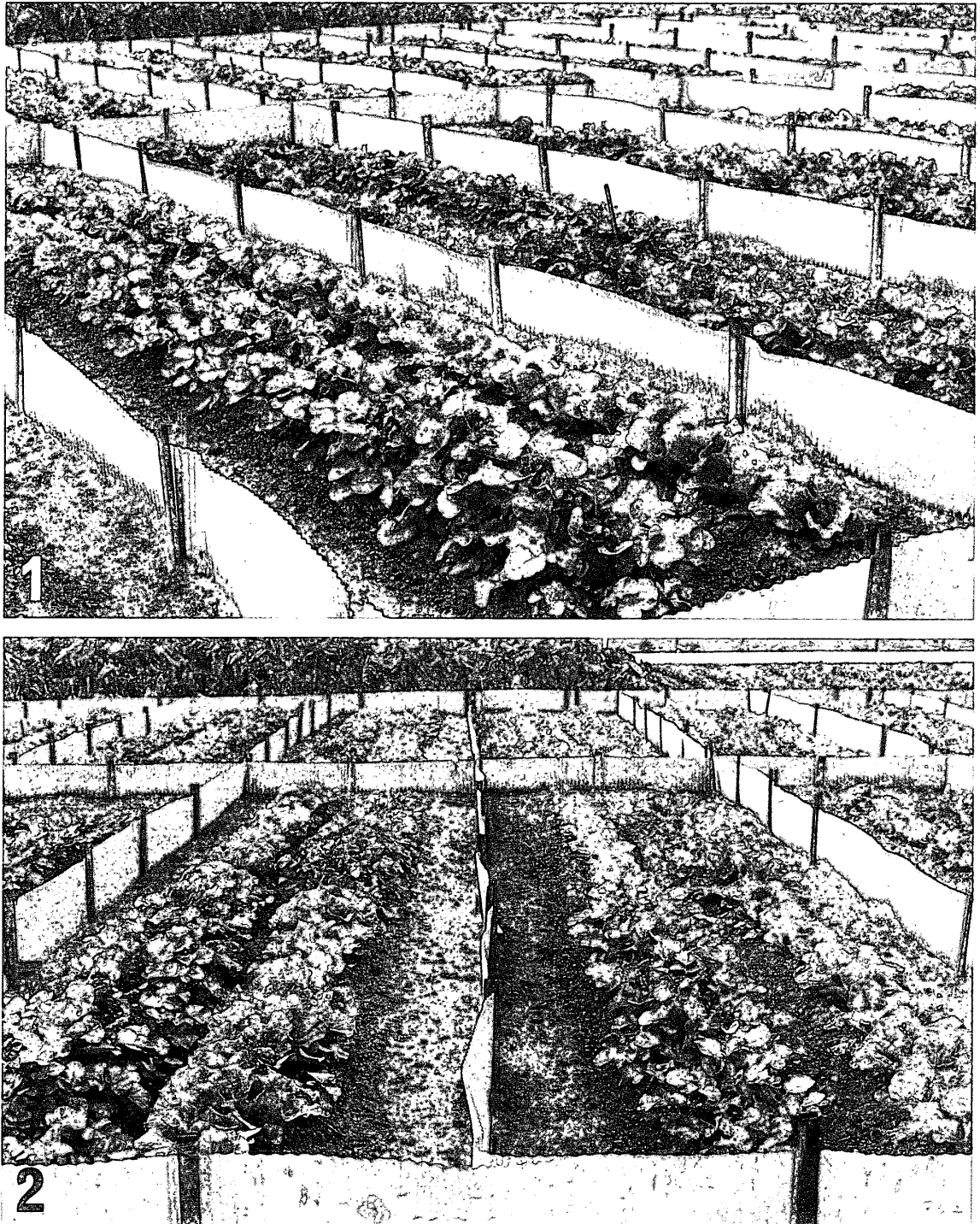


Plate IV. Experimental field on October 6 in 1982

1 and 2. Cultivation of Chinese cabbage and Japanese radish plants for the examination of fungal density in the soil of 22 experimental plots cultivated continuously different crops for four years