

## 連作障害防止のためのほ場カルテシステムの開発(10)

誌名	農業研究センター研究報告 = Bulletin of the National Agriculture Research Center
ISSN	02893207
著者	伊藤, 純雄 駒田, 旦 門間, 敏幸 天野, 哲郎
巻/号	16号
掲載ページ	p. 1-12
発行年月	1989年3月

## 連作障害防止のためのほ場カルテシステムの開発

### 第10報 クロルピクリンによる土壌消毒が野菜の生育・土壌 有機物及び病害の発生に与える副作用の評価

伊藤 純雄\*・駒田 亘\*\*・門間 敏幸\*\*\*・天野 哲郎

## I 緒 言

クロルピクリンなどによる土壌消毒は、連作に伴う障害を抑制する目的で広く使われてきた。使用量は、農薬原体としては最大のものの一つであるが、最近ではさほど増加していなかった(門間ら'84)。

これは、消毒作業に伴う労働負担が大きくて薬剤費も高いこと、毒性と刺激臭が強いために作業が制約されること、また防除効果が必ずしも安定しないことなどの問題があったためであろう。

しかし、最近になってクロルピクリンのマルチ畦内処理が実用化され(福西 '77, 小芦 '82, 下長根ら '79, 清水ら '83, 矢ノ口ら '83), 効率的な機械処理もできるようになって、上記の問題点は大幅に改善された。

この新しい方法は、連作障害に悩んでいる産地などに急速に広まる可能性があると思われる。

このような情勢において、クロルピクリンを始めとする土壌消毒がもたらす副作用面を、正しく評価しておくことが重要だと考えられる。

クロルピクリンは比較的分解し易い。土壌中では有機物などと反応して、また空気中では光によって分解

するとみられ、長期の残留問題が生じるとは考えにくい。毒性は高いが、強い刺激臭があるために極めて低濃度でもその存在が分かるので、人に対して急性の障害が進行することも少ない。長期的残留や人に対する障害の面での副作用についての問題は比較的少ないということもできよう。

土壌消毒の副作用には、この他に不明確な部分が多く残されているとみられる。一つには土壌消毒の後に生じるいわゆる肥料的効果のために、土壌有機物が消耗して生産力が低下するのではないかの指摘がある。また、土壌消毒処理は土壌中の生物に対して非選択的な効果を示すので、有害な菌の進入などに対する抵抗力が低下するのではないかと心配がある。

本報告では、肥料的効果と病気の侵入との2点について検討を行い、連作障害防止のための手段としての土壌消毒の副作用の評価を行う。

本研究を実施するに当たり、線虫害研究室の百田洋二主任研究官、土壌改良研究室の神田健一主任研究官の協力を得た。記して深甚な謝意を表す。

\*現 富山県農業技術センター

\*\*現 農業環境技術研究所

\*\*\*現 東北農業試験場

## II 試験方法

### 1. 土壤消毒がキャベツの生育、土壤有機物に与える影響について

当所内畑は場作土（淡色黒ボク土）を詰めた小型有底枠土壤に繰り返して消毒処理を行い、処理の度にキャベツを栽培して、土壤消毒の繰り返しが生育に与える影響を調べた。土壤有機物の減少を補うため、堆肥を施用する処理を組み合わせで設けた（表1）。枠は縦横50cm深さ25cmのコンクリート製である。供試土壤は磷酸に欠乏していたので、試験開始時に10a当り100kgに相当する磷酸を過磷酸石灰で施用した。

消毒処理は一年に2回ずつ、春と秋に7回まで繰り返した。消毒にはクロルピクリンを用いた。枠当り8m<sup>2</sup>を、深さ約10cmの穴4箇所に分けて注入して覆土した後、0.1mmのポリエチレンフィルムで土壤表面を覆って約2週間後にガス抜きを行った。堆肥は、当所内で堆積したわらを主体とするものである。0.24t/10a相当量をガス抜きの後に混入施用した。同時に300kg/10a相当量の苦土石灰を施用した。各処理は4反復である。

連続栽培は6回まで行った。第1回目の消毒処理では栽培を行わなかった。品種は“金系201号”で、小

表1 キャベツ栽培試験処理区

消毒	堆肥施用量(t/10a)
有	0
有	2
有	4
無	0
無	2
無	4

型のポットで27日程度育苗して定植した。基肥としては高度化成肥料(16・16・16)を成分で10kg/10a相当量施用した。追肥としてはNK化成肥料(17・0・17)を成分で5kg/10a相当量ずつ2回施用した。

春作は4月に定植をして6月に収穫をした。秋作は8月下旬から9月上旬に定植し、11から12月に収穫した（表2）。

消毒処理を5回行い、キャベツ栽培を4回まで終了したコンクリート枠から土壤を採取し、CNコーダーによって炭素及び窒素の含有率を測定した。また常法によりpHを測定した。

表2 キャベツ栽培試験の実施時期

作付回数	年	処理時期 (日/月)						
		消毒	種まき	堆肥施用	定植	追肥1	追肥2	収穫
0	84	9/11		9/12				
1	85	1/4	25/3	13/4	26/4	22/5	7/6	29/6
2	85	26/8	21/8	15/9	17/9	30/10	12/11	3/12
3	86	30/3	10/3	5/4	5/4	28/5	4/6	16/6
4	86	5/9	16/8	16/9	19/9	21/10	12/10	5/12
5	87	20/3	10/3	3/4	6/4	13/5	30/5	10/6
6	87	5/8	28/7	18/8	21/8	7/10	15/10	21/10

### 2. 土壤消毒が土壤の生物相、病害の発生に及ぼす影響について

土壤消毒をしたことが、その後に侵入する病原による土壤病害の発生に及ぼす影響を、モデル的に検討した。

試験1では、新たにオートクレーブ処理（120℃、

30分）した土壤、約7カ月前にオートクレーブ処理してからポリエチレンの袋に室温で保存して置いた土壤、及び消毒処理をしてない土壤を用いた。接種病原菌密度は0から500/土壤gで、2連で試験を実施した。試験2では、上記1.の栽培試験処理を5回行った後のコンクリート枠から土壤を採取して使用した。接種病原菌密度は各々の土壤について300及び1,000/gとし、

繰り返しは設けなかった。供試原土壌は試験1,2共に当所内畑ほ場作土（淡色黒ボク土）である。

土壌の処理、接種病原菌密度以外の実験操作は、試験1、試験2に共通である。

供試病原菌として、広範囲の植物に病原性を示す *Verticillium dahliae*（以下 *V. dahliae*）を用いた。長野県小諸市北大井地区のハクサイ黄化病発生畑で採取した菌株である。飯嶋（'82）の方法で培養した微小菌核を接種原として用いた。

供試植物には、*V. dahliae*によって特徴的な導管部分の黒変症状を示すダイコンを用いた（河本ら'86）ダイコンは *V. dahliae*に感染した場合でも生育上はあまり影響を受けない点でも発病要因の解析に適している。品種は“かずさ夏みの2号”である。

一定数の微小菌核を混入した土壌をa/10,000のポットに詰め、ダイコン種子を8粒ずつまいた。栽培は、昼2万lx、25℃で16時間、夜15℃で8時間のグロースチャンパー内で行った。土壌間の肥沃度の違いを消去し、試験中の無機養分の安定供給をはかるため、希薄な液肥をかんがい水として用いた。

種子をまいてから35日目に主茎を切断して、病徴の有無、程度を調べると共に、地上部の重量を測定した。また、主茎の一部を選択培地（田村変法）上で培養し、*V. dahliae*の検出を行った。

同時に、ポット土壌の一部を細かい網（125 $\mu$ 目）の

上で洗浄して細根を回収し、その延べ長さを交差法によって測定した。この細根をさらに流水によって良く洗ってから、有効塩素0.25%の次亜塩素酸ナトリウム溶液に30秒間浸漬し、再び水洗してから *V. dahliae* 選択培地上に移して23℃で20日間培養した。この操作で検出される *V. dahliae* のコロニーの数を細根のコロニーの数とした（Evans and Gleeson '73）。なお、細根の消毒処理は雑菌を減らす目的で行ったものであり、予備試験の結果からみて検出される *V. dahliae* の数に有為な影響を与えるものとは認められなかった。

栽培開始時にポット土壌の一部を採取して、田村の方法（'80）に準拠した遠心分離—湿式ふるい—選択培地培養の方法（伊藤ら'89）によって土壌中から検出される *V. dahliae* の数を求めた。本法は、比重及び粒の大きさによってサンプル土壌から *V. dahliae* の微小菌核を選択的に分離する前処理をした上で選択培養するものであり、得られる値は主として微小菌核に由来するものとみられる。

ツルグレン法及びベルマン法によって、土壌中のダニ・トビムシ類及び線虫の状態を調べた。

以上のようにして得た発病株率、細根のコロニー数および土壌から検出される *V. dahliae* の数などの相互関係に基づいて、発病要因の解析を行った（Huisman '82）。

## Ⅲ 結 果

### 1. 土壌消毒がキャベツの生育、土壌有機物に与える影響について

キャベツの生育は全般に順調で、6回の作付を通して土壌病害などの障害の発生は認められなかった。アオムシ、アブラムシ、コナガなどを駆除するため、殺虫剤の散布を適宜行ったが、殺菌剤の散布は行わなかった。一部のキャベツ結球葉に縁腐れがみられる場合があったが、症状の発生と各処理との間に一定の関係は認められなかった。これは、晴天が続いた時期に枠土壌が乾燥した結果生じたカルシウム欠乏によるものとみられる。

定植後の活着は、無消毒区よりも消毒区の方がわずかに遅れる傾向があった。特に1987年の春作では遅れが著しかった。活着後の生育は逆に消毒区の方が盛ん

で、生育が進むにつれて消毒区のキャベツの葉色が無消毒区のそれより濃くなる傾向があった。

各処理のキャベツの生育量を表3に示した。春作に比べて秋作の方が生育量が小さい傾向が認められた。しかし全体的な年次変化をみれば明らかな通り、土壌消毒処理を繰り返すことによって収量が低下するような傾向は認められなかった。また無消毒区においても、連作による収量低下は認められなかった。

消毒処理区のキャベツは無消毒区のキャベツよりも生育量が大きく、6回の平均で9%程度の差があった。消毒による生育の差は堆肥の施用量が多い処理区ほど大きくなる傾向であった。

堆肥施用の生育増大効果も明らかであった。堆肥の施用効果は外観からも明らかに分かり、堆肥無施用区のキャベツは相対的に小さくまた葉色が薄かった。

表3 キャベツの生育

消毒	堆肥	1985		1986		1987		平均
		春	秋	春	秋	春	秋	
有	0	1.99	1.55	1.79	1.36	2.07	1.82	1.76 (103)
有	2	2.54	1.73	2.20	1.86	2.43	2.17	2.16 (107)
有	4	2.96	1.92	2.27	1.93	2.71	2.53	2.39 (110)
	平均	2.50	1.73	2.09	1.71	2.40	2.17	2.10
		(102)	(128)	(103)	(102)	(94)	(123)	(109)
無	0	2.12	1.31	1.75	1.49	2.24	1.37	1.71 (100)
無	2	2.46	1.48	2.15	1.71	2.54	1.78	2.02 (100)
無	4	2.70	1.27	2.16	1.84	2.91	2.15	2.17 (100)
	平均	2.45	1.35	2.03	1.69	2.55	1.77	1.97 (100)

注) 新鮮物全重 (kg/pot), 括弧内は無消毒に対するパーセント。

表4 土壌の炭素, 窒素含有率及びpH

消毒	堆肥	全炭素(%)	全窒素(%)	C/N	pH
有	0	4.12	0.268	15.4	6.3
有	2	4.82	0.344	14.0	6.5
有	4	5.15	0.396	13.0	6.6
無	0	4.08	0.263	15.5	6.2
無	2	4.75	0.340	14.0	6.4
無	4	5.38	0.397	13.6	6.4

土壌分析値を表4に示した。消毒処理の繰り返しで土壌の炭素, 窒素含有率を低下させたと認められない。堆肥施用による土壌有機物の増加は明らかに認められる。pHは消毒処理区の方がごくわずかに高い傾向がある。これは土壌からの塩基の溶脱が少なかったためだと考えることもできよう。

## 2. 土壌消毒が土壌の生物相, 病害の発生に及ぼす影響について

### a) 発病試験1

主茎組織の培養による *V. dahliae* 検出率は, 肉眼による発病の判定とほぼ一致する結果を得たので, 以下では病徴の観察に基づく発病株率(表5)を使用する。接種病原菌密度の違いは, ダイコンの生育にほとんど影響を与えなかったとみられる。消毒土壌と無消毒土壌とを比べると, 生育量は消毒土壌の方が大きく, 消毒に伴うアンモニアやマンガンの過剰障害は認められなかった。

発病株率は, 消毒土壌においては, 最高の接種病原

菌密度(500/g)ではじめて6%になった。これに対して, 無消毒土壌では20/g以上の接種で発病が認められ, 発病の程度が著しかった(表5)。

土壌から検出された *V. dahliae* の数は, 発病株率とは逆に無消毒土壌の方が少なかった。

発病要因の解析結果(表6)によると, ダイコンの細根の *V. dahliae* のコロニー密度には, 新たに消毒した土壌と7カ月前に消毒した土壌との間に大きな差があった。新たに消毒した土壌と無消毒土壌との差はわずかであった。最終的な発病率の違いの原因は, 主に細根のコロニーが全身的な感染に至る割合の差に求めべきだとみられた。

土壌中の線虫の密度には, 消毒土壌と無消毒土壌との間に大きな差がみられた。

### b) 発病試験2

ダイコンの生育量は消毒土壌の方が明らかに大きかった。生育に対する堆肥施用の効果は明らかでなかった。接種病原菌密度が1,000/土壌gの場合には, 接種病原菌密度300/土壌gの場合と比較して, 平均で約8%発病株率が高かった。しかし土壌処理毎にみると接種病原菌密度が高い方が発病株率が低い場合もあるなど試験結果にかなりのふれがあって(表7), 消毒処理・堆肥施用いずれの影響も明らかではなく, 有意差は認められなかった。土壌から検出された *V. dahliae* の数は, 消毒土壌の方がやや多い傾向がみられた。

発病要因の解析結果(表8)には一定の差がみられた。細根の *V. dahliae* のコロニー密度は消毒土壌の方がいくらか高い傾向があった。またポット当りの細根の長さは消毒土壌の方がやや長い。この結果ポット当

表5 発病試験1における指標植物の生育量, 発病株率及び  
土壌から検出された*V. dahliae*数

消毒	接種病原菌 密度 (/g)	地上部 生体重(g)	発病株率 (%)	土壌から検出 された <i>V. dahliae</i> (/g)
無 消毒	0	76	0	0
	4	92	0	0
	20	90	16	1.3
	100	86	30	4.3
旧 <sup>a)</sup> 消毒	500	93	65	17.2
	0	108	0	0
	4	100	0	1.5
	20	101	0	9.5
新 <sup>b)</sup> 消毒	100	108	0	25.0
	500	98	6	59.5
	0	105	0	0
	4	108	0	1.5
消毒	20	99	0	5.0
	100	91	0	20.0
	500	94	0	100.0

a) 旧消毒は約7ヵ月前に消毒をした土壌を示す。

b) 新消毒は直前に消毒をした土壌を示す。

表6 発病試験1の発病要因解析

(接種病原菌密度;500/g)

消毒	細根の <i>V. d.</i> <sup>a)</sup> 密度(/m)	細根の 長さ (m/pot)	最小発芽 距離 <sup>b)</sup> (mm)	根の <i>V. d.</i> <sup>c)</sup> (/pot)	NSI <sup>d)</sup> (/pot)	NSI <sup>e)</sup> 根の <i>V. d.</i>	自 センチュウ (/pot)	ネグサレ センチュウ (/pot)	トビムシ +ダニ (/pot)
無	0.5	570	0.05	300	7.35	1/39	58,600	140	870
旧	2.9	880	0.08	2,600	0.46	1/5,500	18	0	0
新	0.6	620	0.02	400	0.21	1/1,800	160	18	0

a) 細根の*V. d.*密度は、培養して得られた*V. dahliae*のコロニー数を、細根の単位長さ当りて示したものである。発芽し競合に打ち勝って根に定着するに至った*V. dahliae*の密度を表すと考えられる。b) 最小発芽距離は、細根の*V. dahliae*と同じ数の*V. dahliae*を含む根の周囲の土壌の容積を与える値( $V_r = 3.1416 \times ((r_1 + r_0)^2 - r_0^2) / V_s$ 、但し $V_r$ は根の*V. dahliae*密度、 $r_1$ は最小発芽距離、 $r_0$ は根の半径、 $V_s$ は土壌中から検出される*V. dahliae*の密度を示す)である。*V. dahliae*が土壌中でも選択培地上と同じように発芽したとしても、最低これだけの範囲の菌が根に到達していなければ観測されただけの根の*V. dahliae*コロニーが成立しないと考えられる値である。土壌の*V. dahliae*密度の影響が考慮されているので、土壌中の*V. dahliae*の発芽と競合の程度の指標になる。すなわち、この値が小さいほど菌核が発芽し易く、競合が少ないとみられる。c) 根の*V. d.*(/pot)は、細根の*V. dahliae*密度×細根長で求められ、植物と直接的な接触を持つに至った*V. dahliae*のレベルを示すとみられる。d) NSIは成功感染数(number of successful infection)で、全身感染に至った侵入の数を示す。発病株率には100%という上限があるために、発病要因の変化が一定であっても、基準となる発病株率が異なると発病株率に現れる変化量が一定にならないという歪みが生じる。従って、発病程度の異なるものの相互の比較には不適当だと考えられる。NSIの値は、ランダムな多重感染を仮定することによって発病株率(R)から、 $-\ln(1-R)$ によって求められ、発病程度が異なるデータを相互に比較するのに、発病株率より適していると考えられる(Gregory'48, Gilligan'83)。e) NSI/根の*V. d.*は、根に着生した*V. dahliae*のうちでどれだけが植物を発病させるに至ったかを示す。植物の感受性を表す指標になるとみられる。

表7 発病試験2における指標植物の生育量, 発病株率及び  
土壌から検出された*V. dahliae*数

消毒	堆肥 (t/10a)	地上部 生体重(g)		発病株率 (%)		土壌から検出 された <i>V. d.</i> (/g)
		300*	1,000	300	1,000	1,000
有	0	151	142	25	14	89
有	2	149	157	17	50	97
有	4	149	152	43	25	122
無	0	125	114	43	60	60
無	2	117	121	40	33	72
無	4	135	118	13	50	65

a) 土壌1g当り接種病原菌密度を示す。

表8 発病試験2の発病要因解析

(接種病原菌密度; 1,000/g)

消毒	堆肥	細根の <i>V. d.</i> 密度(/m)	細根長 (m/pot)	最小発芽 距離(mm)	根の <i>V. d.</i> (/pot)	NSI (/pot)	NSI		トビムシ+ ダニ(/pot)
							根の <i>V. d.</i>	根の <i>V. d.</i>	
有	0	12.5	1,700	0.20	17,600	1.67	1/10,500	0	0
有	2	7.5	1,200	0.18	10,600	2.91	1/3,600	0	0
有	4	12.2	1,300	0.19	17,200	3.12	1/5,500	0	0
無	0	6.4	920	0.18	5,800	4.40	1/1,300	29	29
無	2	5.3	610	0.18	4,700	2.77	1/1,700	73	73
無	4	9.4	1,150	0.19	8,300	2.70	1/3,100	76	76

注) 各項目の計算方法などは表6を参照。

りの根の*V. dahliae*のコロニー数は消毒土壌の方がかなり多くなった。一方, 消毒土壌と無消毒土壌とのポット当り成功感染数には大きな違いはない。これは細根のコロニーが全身感染に至る割合にかなりの違いがあったためだとみられる。

堆肥施用の影響は全体として明確には認められなかった。

ダニ・トビムシの数には消毒処理の影響が明らかに認められた。

## IV 考 察

### 1. 土壌消毒が作物の生育, 土壌有機物に与える影響について

土壌消毒をすると, 土壌からの養分供給が増加して(加藤ら '85), 作物の生育が増加することが知られている(鈴木・渡辺 '63, 西川ら '74, 日高 '63, 柏倉ら '80, 西中ら '67)。いわゆる「肥料的効果」である。これは処理によって土壌中の物質が変化して吸収され易くなったためと考えられることが多い

(Aldrichら '52, 伊東 '74, 御子柴ら '73)。主な原因は硝化抑制による窒素の流亡の減少にあるという考えもある(河又ら '72, 西中ら '67, 日高・中井 '51)

もし肥料的効果の原因が土壌中の成分の変質による分解と吸収の促進であるとするれば, 土壌消毒の繰り返は土壌を消耗させることになる。御子柴ら('75)は堆肥を施用しない水田でクロルピクリンを連用して, 12年を経過してもなお増収を維持することを認めた。

しかし消毒を続けると、無施肥区では5年目以後に水稻の収量が低下し、施肥区でも無消毒区との収量の差が小さくなった。また乾土効果が小さくなり、有機物が減少し、土が固くなったことなどから、消毒を続けると地力の低下をもたらすと報告している。

一方、野村ら('75)の堆肥を施用した畑におけるクロルピクリン連用試験では、7年連用しても増収効果に変化がなく、土壤養分の消耗や物理性の悪化は認められていない。Wilhelm & Paulus('80)は、カリフォルニアのイチゴ栽培についての報告で、土壤消毒が悪影響を蓄積するとは認められないとしている。クロルピクリン処理は、蒸気消毒と異なって土壤の物理性を損なうことが少なく、かえって団粒を増加させることさえ見込まれるという報告もある(McCalla '58)。

以上のように、土壤消毒の肥料の効果は、広く知られた現象であるが、その主要因は必ずしも明らかでなく、土壤に対する長期的な影響とその対策も明らかではなかったといえよう。

本試験は枠試験であり、一年に2回ずつのクロルピクリン処理を繰り返すという条件下で行ったという限定はあるが、消毒が土壤の生産力に与える長期的影響を評価する上でいくつかの知見が得られた。

6回にわたる栽培を通算して、消毒土壤におけるキャベツの生育は、無消毒土壤における生育を越えるものであった。また消毒を繰り返すことによって消毒土壤における生育の優位が次第に減少するとか、生育自体が低下するなどの現象は見られなかった。このことは、土壤消毒が土壤を消耗させ、生産力を減退させるものでは必ずしもないことを示しているといえよう。

Barnard & Hornby('82)は、ダゾメット剤による土壤消毒を繰り返したところ、平均20%の増収が続いたとしている。彼らの報告は本試験の結果にそうものである。

本試験で、土壤有機物の含有率に対する消毒処理の影響が、無視できるほど小さかったこともこの判断を支持するものだと考えられる。

もっとも、消毒処理によるキャベツの生育の増大は、堆肥を施用していない場合にはわずかであり、有意な差とは認められなかった。堆肥の生育増進効果が明らかに認められたこともあわせ、堆肥施用の有用性は大きい認められる。

## 2. 土壤消毒が土壤の生物相、病害の発生に及ぼす影響について

土壤消毒は目的とする有害生物以外の土壤中の生物に対して破壊的な影響をもたらす、本来の土壤の機能が消毒によって失われてしまうのではないかという心配がある。

実際には、実用的な消毒処理で土壤中の生物がすべて死滅することはない(日高ら '51)。一般に硝酸化成菌がもっとも強く抑制されるが(垣江ら '78)、それでも団粒の中などには一部生存していて次第に回復する(加々美ら '85, 渡辺 '74, 鈴木ら '68)。細菌などは消毒処理の後で数が増える場合が多い(多川ら '69, Vaughanら '66)。糸状菌も処理の後ですみやかに数を回復するが、種類は単純化する(Martin '50)すなわち、土壤消毒によって生物相が完全に破壊されることはない(津山 '65)にしても、機能が抑制され変化することは明らかに認められるようである。消毒の後では、一時的なアンモニア過剰障害やマンガン過剰障害などもしばしば認められている(伊藤ら '73, 増井ら '75, 藤村ら '71, 渡辺ら '79, 林ら '73, 加藤 '82, 静岡農試 '71)。

特定の微生物が爆発的に増殖することに対する土壤の抑制作用が消毒の後で一時的に低下し、そこへ病原菌が侵入すると激しい発病を生じることがあることはよく知られている(鏡谷ら '63, 静岡農試 '71)。土壤施用薬剤の普及とは逆に、土壤病害虫による被害が年々増加してゆく感があるのは、消毒による土壤の生物相の貧困化が原因であるとも考えられている(石橋 '82)。

連作障害の対策として土壤消毒を普及する場合には、以上のような消毒がもたらす生物面の副作用について十分に事前評価をしておく必要がある。

本試験では、特定の病原と宿主植物との組み合わせに限ってではあるが、従来の知見とはやや異なる結果が得られた。

従来は、消毒土壤に病原菌が侵入した場合には、消毒されていない土壤に侵入した場合に比べて、より激しく発病すると一般に考えられていたとみられる。しかし本試験では、消毒土壤における発病は、無消毒土壤とほぼ同程度かむしろ相当程度少ないという結果が得られた。

本試験の場合でも、土壤から検出された病原の数や、細根の病原のコロニーの数は、消毒土壤の方がむしろ



多い。このことは従来の一般的な見方と一致するものである。細根の *V. dahliae* のコロニー数も、これまでに知られている測定値の範囲にあった (Evansら '74)。

本試験で特異的なのは、根に取りついた病原の数が多い消毒土壌の方が、最終的な発病がえって少なかったりした点であろう。

このような結果をもたらした真の原因は明らかではない。しかし、消毒土壌ではほとんど検出されない線虫などが、無消毒土壌中に多数存在していたことは原因の一つだとみられる。同じ病原による病気の発生が、線虫の存在などによって著しく高められることは既に知られている (百田ら '85)。

消毒土壌における発病が減少したのは、発病を促進する要因が除去されたためだと考えれば、本試験の結果を従来の知見と矛盾するものと受け取る必要は必ずしもない。土壌消毒は非選択的な作用を持つので、発病を抑えるような生物と発病を促進するような生物のいずれにも作用を及ぼす。消毒の結果として発病し易くなるか、それとも発病しにくくなるかは発病促進と発病抑制とのどちらの要因により大きな変化が生じたかによるものだと考えるべきであろう。

土壌消毒の副作用の全てがマイナスに働くわけではないことは、これまでも報告されている。クロルピクリン処理の後などに、耐性が大きくかつ抑制作用の強い *Penicillium*, *Trichoderma*, *Bacillus subtilis* などが生き残って優先的に復活してくる。このために、病原菌が相対的に抑圧されて病気が発生しにくくなることも消毒がもたらす効果の一つと認められている (垣江ら '78, Munnecke '79)。また土壌に有用な菌

を導入するためには、土壌を一旦殺菌するのが有効なことも知られている (鏡谷ら '63)。

消毒以後の時間の経過が発病内容に与える影響は、消毒の有無の影響と共に、かなり大きいものようであるが、今回の試験だけでは結論めいたことを言うことはできない。

堆肥の施用が発病に及ぼす影響は、本試験の結果でみる限り大きなものではないようである。

本試験において、消毒土壌のダイコンの生育は無消毒土壌のダイコンの生育をかなり上回っていた。発病との関係からみて、生育差の原因は *V. dahliae* ではない。また必要な無機養分を液肥として常に供給していたことから、養分供給の違いが原因とは考えにくい。接種した病原菌以外の生物的な要因が無消毒土壌のダイコンの生育を抑制していた可能性がある。

以上の結果は、消毒がもたらす副作用に数多くの要因が複雑に関与していることを示している。農家の土壌の生物的な状況は千差万別で予測し難い。新たに望ましい状況を作り出すためには、土壌消毒によってそれまで存在していた生物の相互関係を清算することも必要になると思われる。

なお、生育に対する堆肥の効果は、同じ土壌を使ったキャベツの栽培試験では明らかに認められたが、ダイコンの発病試験では認められなかった。作物の種類や栽培条件が異なるので厳密な比較はできないが、発病試験では液肥かん水によって均一な養分供給を受けたことが主な原因だと思われる。このことは、堆肥の効果は主に栄養的なものであることを示している。

## V 摘 要

1) クロルピクリンによる年2回の土壌消毒を7回まで繰り返しても、キャベツの生育の低下や土壌有機物の消耗などの悪影響の蓄積は認められず、むしろ増収効果が持続された。

2) 消毒処理後に土壌に接種した *V. dahliae* の検出率は、無消毒土壌の場合よりも高かった。また細根の *V. dahliae* コロニー数も消毒土壌の方が多かった。し

かし、最終的なダイコンの発病は、同じ程度かむしろ消毒土壌に接種した方がかなり少なかった。これは、発病促進要因が土壌消毒によって取り除かれたために全身の発病へ進む割合が低くなったためだと考えられる。

3) 消毒処理の繰り返しによって土壌に悪影響が蓄積することは、現状では認められなかった。

## 引用文献

- 1) 錠谷大節・北沢健治 (1963) : 菜豆根腐れ病に関する研究, 第3報 土壤微生物の本病病勢におよぼす影響について. 北農試彙報., 81: 33-42.
- 2) Aldrich, D. C. and J. P. Martin (1952) : Effect of fumigation on some chemical properties of soils. Soil Sci., 73 : 149-159.
- 3) Barnard, A. J. and D. Hornby (1982) : The effects of dazomet and nitrogen fertilizer on successive crops of maize (*Zea mays* L.) grown for either grain or forage. J. Agric. Sci., 98 : 7-15.
- 4) Evans, G. and A. C. Gleeson (1973) : Observations on the origin and nature of *Verticillium dahliae* colonizing plant roots. Aust. J. Biol. Sci., 26 : 151-161.
- 5) Evans, G., McKeen, C. D. and A. C. Gleeson (1974) : A quantitative bioassay for determining low numbers of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in field soils. Can. J. Microbiol., 20 : 119-124.
- 6) Gregory, P. H. (1948) : The multiple-infection transformation. Ann. Appl. Biol., 35: 412-417.
- 7) Gilligan, C. A. (1983) : Modeling of soil-borne pathogens. Annu. Rev. Phytopathol., 21 : 45-64.
- 8) 林 勇・森 君彦・神山克己 (1973) : 温室カーネーション, バラの土壤蒸気消毒栽培における施肥法改善試験. 神奈川園試研報., 21: 103-111.
- 9) 日高 醇・中井武文 (1951) : クロールピクリンによる土壤消毒に関する研究, 6. クロールピクリンによる土壤消毒の肥料の効果の原因. 秦野たばこ試報告., 37 : 83-96.
- 10) 日高 醇・鳥井敏文・桐山 清 (1951) : クロールピクリンによって死滅しない細菌. 秦野たばこ試報., 37 : 97-114.
- 11) 日高 醇 (1963) : クロールピクリンによる土壤消毒とその肥料的効果の原因. 土と微生物, 5 : 17-24.
- 12) Huisman, O. C. (1982) : Interrelations of root growth dynamics to epidemiology of root-invading fungi. Annu. Rev. Phytopathol., 20 : 303-327.
- 13) 藤村 良ほか (1971) : 土壤消毒の生育障害に関する研究 (第3報) キンギョソウの生育障害発生に対する窒素肥料の形態と鉄葉面散布の影響. 兵庫農試研報., 18 : 159-166.
- 14) 福西 務 (1977) : 土壤くん蒸剤のマルチ畦内処理による土壤病害防除, 1. クロールピクリンくん蒸による土壤消毒の効果と葉害に関する基礎的調査. 徳島農試研報., 15 : 33-42.
- 15) 飯嶋 勉・富田智恵子 (1982) : *Verticillium dahliae* 菌核の多量形成法. 日植病報, 48: 133.
- 16) 石橋信義 (1982) : 殺線虫剤処理土壤の進入害虫ならびに線虫に対する抵抗性. 九州病虫研報., 28 : 183-186.
- 17) 伊藤純雄 (1984) : 根圏の土壤溶液のマンガン濃度とキャベツのマンガン過剰障害との関係. 野菜試験場報., A12 : 167-175.
- 18) 伊藤純雄ほか (1989) : ハクサイ黄化病発生のモデル化と発病予測, 連作障害のためのほ場カルテシシステムの開発 (第12報). 農業研究センター研究報告, 12 : 33-53.
- 19) 伊東嘉明・畠中 洋 (1974) : 蒸気消毒に関する土壤化学的研究 (第1報) 蒸気土壤消毒による土壤理化学性の変化. 福岡園試研報., 13 : 49-55.
- 20) 加々美好信・福西 務・中西謙二 (1985) : マルチ畦内消毒の各種土性への適用. 徳島農試研報., 22 : 28-38.
- 21) 垣江竜雄・野田二郎・小野邦明 (1978) : タバコ産地土壤の硝酸化成作用について, その4. クロールピクリン消毒がタバコ栽培土壤の硝酸化成作用と微生物におよぼす影響. 岡山たばこ試報., 39 : 75-79.
- 22) 柏倉康光ほか (1980) : 土壤消毒がコンニャクの養分吸収におよぼす影響. 群馬農試報, 20 : 31-38.
- 23) 加藤喜重郎 (1982) : 施設における土壤の蒸気消毒. 植物防疫, 36 : 452-456.
- 24) 加藤俊博ほか (1985) : 土壤消毒が土壤養分及び露地野菜の生育・収量に及ぼす影響. 愛知農総研報., 17 : 296-305.
- 25) 河又一雄・鈴木通正 (1972) : パーレー種タバコの施肥窒素の利用率について (第2報) タバコ連作による施肥窒素の残効と土壤窒素の無機化におよぼす畦面被覆, およびクロールピクリン消毒の影響. 盛岡たばこ試報., 8 : 19-26.

- 26) 小芦健良 (1982): ガス抜きを省いたサツマイモの線虫防除. 九州病虫研報., 28:187-190.
- 27) 河本征臣ほか (1986): ハクサイ黄化病汚染土壌の検診用指標植物としてのダイコンの可能性. 日植病報., 52:540.
- 28) Martin, J. P. (1950): Effect of fumigation and other soil treatments in the greenhouse on the fungus population of old citrus soil. *Soil Sci.*, 69: 107-122.
- 29) 増井正夫・石田 明 (1975): メロンのマンガン過剰症に関する研究, 第4報, 蒸気消毒, 土壌のpHならびに有機物とマンガン過剰との関係. 園学雑., 44:41-46.
- 30) McCalla, T. M., F. A. Haskins and R. D. Curley (1958): Soil aggregation by microorganisms following fumigation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 22: 311-314.
- 31) 御子柴穆 (1973): 水田における土壌くん蒸処理の土壌肥料の効果とその留意点. 農業及び園芸, 48: 931-934.
- 32) 御子柴穆・古畑和五郎・高橋正輝 (1975): 水田の窒素肥沃度と施肥技術. 土肥誌., 46:292-296.
- 33) 百田洋二・大島康臣・河本征臣 (1985): ハクサイ黄化病の感染・発病に及ぼすキタネグサレセンチュウの影響. 応動昆虫学会29回大会講演要旨.
- 34) 門間敏幸・北川靖夫・大畑貫一 (1984): 農業生産の向上と生産資材の投入効果. 農業研究センター研究資料, 2:91pp.
- 35) 本橋精一 (1964): クロルピクリンの使用法. 関東病虫研報., 11: 5-7.
- 36) Munnecke, D. E. (1979): Movements of fumigants in soil, dosage responses, and differential effects. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 17: 405-429.
- 37) 西川光一・田村 実・竹谷宏二 (1974): 水稻に対するクロルピクリンの肥料的效果に関する研究. 石川農試報., 8: 9-20.
- 38) 西中良照・山下 貴 (1967): クロルピクリンによる土壌消毒がタバコの窒素吸収に及ぼす影響について. 土肥誌., 38:204-210.
- 39) 野村精一ほか (1975): クロルピクリンの連用がコンニャクの生育に及ぼす影響について. 群馬農試報., 15:67-74.
- 40) 清水節夫ほか (1983): クロルピクリンのマルチ畦内消毒によるハクサイ黄化病の防除に関する研究. 長野野菜花き試報., 3:45-60.
- 41) 下長根 鴻・千葉恒夫・松田 明 (1979): マルチ畦内のクロルピクリン消毒によるサツマイモつる割病の防除効果. 関東病虫研報., 26:63.
- 42) 静岡県農業試験場 (1971): 温室メロンの蒸気消毒に関する研究. 静岡農試特別報告., 10: 1-84.
- 43) 鈴木達彦・渡辺 巖 (1963): 農薬の土壌施用に伴う土壌肥料の問題点. 植物防疫, 17:155-158.
- 44) 鈴木達彦・徳永美治・渡辺 巖 (1968): 土壌消毒後の硝化菌の回復について (第2報) クロルピクリン消毒土壌への硝化菌の回復に対する作物の影響および回復源について. 土肥誌., 39:224-227.
- 45) 多川 閃・都丸敬一 (1969): クロルピクリン消毒による土壌微生物相の変化. 秦野たばこ試報., 65:63-75.
- 46) 田村 修・萩原 廣・竹内昭士郎 (1980): 土壌からの *Verticillium dahliae* の分離操作と選択培地の検討. 日植病報., 51, 111. (講演要旨)
- 47) 津山博之 (1965): クロルピクリン土壌消毒後の白菜軟腐病菌の復活. 土と微生物, 7:23-27.
- 48) Vaughan, E. K., J. F. Newhook and G. I. Robertson (1966): The influence of germinating seeds and developing root on establishment of microorganisms in fumigated soil. *Ann. Appl. Biol.*, 58: 389-400.
- 49) Wilhelm, S., and A. O. Paulus (1980): How soil fumigation benefits the California strawberry industry. *Plant Disease*, 64: 264-270.
- 50) 渡辺弘道・久保研一・小財 伸 (1979): クロルピクリンによる消毒が土壌の硝酸化成能に及ぼす影響について. 九州農研., 41: 101.
- 51) 渡辺 巖 (1974): 亜硝酸菌数と硝化能の関係についての統計的研究 (第3報) 土壌消毒後の硝化能の回復について. 土肥誌., 45:279-284.
- 52) 矢ノ口幸夫ほか (1983): クロルピクリンのマルチ畦内消毒によるハクサイ黄化病の防除効果, 2. マルチ畦内のクロルピクリンの拡散消長及びハクサイの発芽に影響を及ぼすクロルピクリン濃度. 関東病虫研報., 30:77-79.

## Development of Field Diagnosis System (FDS) for Preventing Continuous Cropping Injury of Crop

### 10. Estimation of Side Effect of Soil Fumigation on Soil Organic Matter Content, Growth of Cabbage, and Susceptibility to Soilborne Diseases

Sumio ITOH\*, Hajimu KOMODA\*\*, Toshiyuki MONMA\*\*\* and Tetsuro AMANO

#### summary

Recently in Japan soil fumigation has been considered to be the most practical and effective method to control soilborne diseases that associates with continuous vegetable cropping. It is thus important to determine the effect of prolonged application of fumigant. "Fertilizing effect" of fumigation may lead to the depletion of soil organic matter and decrease of productivity in the future. Furthermore, nonspecific fumigant may eradicate some useful organisms from the soil and promote the increase of disease incidence although a thorough analysis of the side-effects has not yet been carried out.

The soil placed in 50x 50x 25 (depth) cm concrete pot was fumigated every spring and autumn for this experiment. The treatment was repeated up to seven times using chloropicrin as a fumigant. Control potted soil was not subjected to fumigation. Both the fumigated and control potted soils were subdivided into three groups and 0, 20 or 40 t/ha of manure was applied, respectively. The manure was mixed with the soil after every fumigations. Each treatment consisted of four replications.

Cabbage plants were grown repeatedly after the fumigation except for the the first one, and weighed after harvest.

Microscelotia of *Verticillium dahliae* were inoculated to a soil subsample obtained from the pot soil after the 5th harvest of cabbage. Japanese radish was planted as an indicator plant to evaluate the susceptibility to *V. dahliae*.

The content of organic carbon and nitrogen in soil was analysed after the 4th treatment.

The results are as follows :

1. No growth suppression of the plant or of the soil organic matter content was observed as side-effects of soil fumigation. Average yield of cabbage grown in the fumigated soil was 109% in comparison with that in the nonfumigated soil. The effects of the manure application on cabbage growth and soil organic matter were significant.

---

\* Toyama Agricultural Research Center

\*\* National Institute of Agro-Environmental Sciences

\*\*\* Tohoku Agricultural Experiment Station

2. A higher recovery of inoculated microsclerotia was obtained from the fumigated soil compared with the nonfumigated soil. Japanese radish in the fumigated soil contained a larger number of *V. dahliae* colonies on fine roots than the plants grown in the nonfumigated soil. The effect of manure application on susceptibility to *V. dahliae* was negligible. The percentage of infected plants grown in the fumigated soil was, in contrast, almost equal to or lower than that of the nonfumigated soil presumably due to the elimination of some inductive factor by fumigation.

3. It is concluded that, no side-effects associated with repeated fumigation could be detected in the current experiment.