

太陽熱土壤消毒によるハクサイ黄化病の防除

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	深谷, 雅博 加藤, 晋朗
巻/号	29号
掲載ページ	p. 157-162
発行年月	1997年10月

太陽熱土壤消毒によるハクサイ黄化病の防除

深谷雅博*・加藤晋朗**

摘要：露地ほ場において、太陽熱を利用した土壤消毒処理ならびに処理後の微生物資材、DCIP 剤の施用によるハクサイ黄化病の防除効果について検討した。太陽熱土壤消毒処理は、石灰窒素と細断した稲わらを施用し、耕耘後にかん水してからプラスチックフィルムでは場全面を覆う方法により、1992、1995及び1996年の7月下旬から8月下旬に実施した。各年次の処理期間中の日最高地温の平均値は、地表下5cmで45.0~45.9℃、地表下15cmで41.0~41.7℃、地表下25cmで38.2~38.8℃となり、40℃以上の積算時間は、地表下15cmで152~172時間に達したが、地表下25cmでは地温40℃を超えることはまれであった。太陽熱土壤消毒処理によるハクサイ黄化病の防除効果は顕著であり、その結果、ハクサイの収量は著しく向上した。太陽熱土壤消毒処理後にDCIP剤を施用すると、太陽熱土壤消毒処理のみの場合より防除効果はさらに高まったが、微生物資材施用では防除効果は向上しなかった。

キーワード：太陽熱、土壤消毒、露地、DCIP、ハクサイ黄化病

Effects of Soil Solarization in Open-fields Against Verticillium Yellows in Chinese Cabbage

Masahiro FUKAYA and Shinroh KATO

Abstract: Soil solarization in open fields and subsequent applications of microbe improvement materials, or DCIP, were examined to control Verticillium yellows in Chinese cabbage. Submerged soil mixed with calcium cyanamide and chopped rice straw was mulched with transparent plastic films during midsummer. The average value of daily maximal temperature in the mulched soil was 45.0-45.9℃ at a depth of 5cm, 41.0-41.7℃ at a depth of 15cm, 38.2-38.8℃ at a depth of 25cm, respectively. Total hours over 40℃ at a depth of 15cm were 152-172, whereas soil temperature at a depth of 25cm scarcely rose to 40℃. When Chinese cabbages were planted in the solarized plots, the disease incidence was significantly reduced, in comparison with nonsolarized plots, and it brought an increase in yield of the plants. Applications of DCIP after soil solarization improved the control of the disease, but applications of the microbe improvement materials did not increase the control effectiveness.

Key words : Soil Solarization, Open-field, *Verticillium dahliae*, Chinese Cabbage

緒 言

太陽熱を利用した土壤消毒法⁹⁾は、各種土壤伝染性病害を対象に数多くの研究が行われ、イチゴ、ナス等の施設栽培ではすでに普及技術となっている。*Verticillium* 菌による病害についても、太陽熱土壤消毒が有効であることが確認されている^{3, 11)}。本消毒法は地温の上昇が得られやすい施設栽培での防除技術であり、露地栽培で好結果の得られた試験例は施設栽培に比べれば多くはない^{4, 6, 7, 12, 15, 16, 18)}。特に、*Verticillium* 菌による病害では、ナス半身萎ちょう病を対象にした福井ら⁵⁾とハクサイ黄化病を対象にした米山^{19, 20)}の試験があるのみである。しかし、*Verticillium* 菌による病害は、ハクサイ、ダイコン等の露地栽培作物にも発生し、施設栽培される作物でも、フキのように夏季は株冷蔵されるため作物がほ場に存在せず、被覆資材が取り外されている場合もある。そこで、露地ほ場での *Verticillium* 菌による病害の防除対策として、太陽熱土壤消毒法の利用についてハクサイ黄化病を対象に検討したので報告する。

本試験を行うに当たり、貴重な菌株を分譲いただいた農林水産省野菜・茶業試験場我孫子和雄室長に深謝する。

材料及び方法

1 供試ほ場

ハクサイ黄化病汚染ほ場は、場内の10.8×13.4mのコンクリート枠ほ場に作成した。PDA平板培地で培養した *Verticillium dahliae* Klebahn の菌そうを培地ごとミキサーにかけて蒸留水に懸濁し、これに根部を浸漬したハクサイ苗(1992年はナス苗)をほ場に均一に植え付けた。約2か月間栽培してほとんどの株が発病したことを確認した後、すき込んで汚染ほ場とした。

試験区は、このほ場を6等分して1区24.1㎡とし、反復はしなかった。

2 太陽熱土壤消毒処理

ほ場に細断した稲わら1000kg/10aと石灰窒素150kg/10aを施用して耕耘したのち、雨量33~50mm相当の水をかん水チューブを用いてかん水し、直ちに厚さ0.05mmのポリエチレンフィルム(1992年)又は0.075mmの塩化ビニルフィルム(1995年、1996年)で地表面を覆った。処理期間は、1992年は7月31日から8月28日まで、1995年は7月26日から8月28日まで、1996年は7月22日から8月20日までとした。処理期間中は、3点式自記温度計

(チノーEL200-03)で地温を測定した。

対照の太陽熱土壤消毒無処理区には、1992年と1996年には稲わらを1000kg/10a施用したが、1995年は無施用とした。

3 微生物資材の施用

微生物資材はVS-34、VSあかきん(VS科工株式会社製)及びオーレスG(信州化学研究所製)を供試した。VS-34、VSあかきんは10a当たりそれぞれ70kg及び30kgを混用で施用した。オーレスGは1992年のみ供試し、10a当たり120kg施用した。施用量はいずれもメーカー推奨の最大値を採用した。1992年は播種前日の9月1日、1995年は播種5日前の8月30日、1996年は播種17日前の8月20日に土壤に散布し、深さ20cmまでの土壤と混和した。なお、1995年の太陽熱土壤消毒無処理区への施用時には、同時に稲わらを1000kg/10a施用した。

4 DCIP乳剤施用

殺線虫剤DCIP乳剤(エス・ディー・エスバイオテック製、有効成分：ジクロロジイソプロピルエーテル80%、商品名「ネマモール乳剤」)を供試し、は種7日前に、200倍希釈液を作条位置に2ℓ/㎡かん注し、直ちに畝立てを行った。使用量は、ハクサイに対する登録上の使用量(5~10ℓ/10a)の最大値に合わせた。

5 ハクサイ黄化病の発病及び収量

ハクサイは品種「無双」を供試し、畝幅72cm、株間35cmの栽植密度で直播栽培とした。1992年は9月2日に播種、12月24日に収穫、1995年は9月4日に播種、12月8日に収穫、1996年は9月6日に播種、12月3日に収穫した。収穫期に全株の発病程度、根部の導管褐変の有無を調査するとともに結球重量を測定した。発病度は次式により算出した。

発病度 = $\frac{(3A+2B+C)}{3N} \times 100$ (A:株全体が黄化し、結球せずにハボタン状を呈する。B:結球葉の一部が外側に展開するようになり、外観的に黄白に見える。C:外葉がわずかに黄化し、外葉及び結球しなかった葉の一部が萎ちょうする。N:調査葉数。)

試 験 結 果

1 太陽熱土壤消毒期間中の地温

太陽熱土壤消毒期間中の地温40℃以上の累積時間を第1表に示した。地表下5cmでは、最大の1995年は300時

第1表 太陽熱土壤消毒期間中の地温40℃以上の時間

深度	累積時間数			1日当たり時間数		
	1992年	1995年	1996年	1992年	1995年	1996年
	時間	時間	時間	時間	時間	時間
5cm	139.0	303.8	218.7	5.0	9.2	7.5
15cm	- ¹⁾	172.1	152.3	-	5.2	5.3
25cm	0.0	0.0	81.6	0.0	0.0	2.8

1) -は測定せず。

第2表 太陽熱土壤消毒期間中の地温 (1995年)¹⁾

深度	日最高地温 ²⁾			日最低地温			日平均地温 ²⁾		
	平均	極大	極小	平均	極大	極小	平均	極大	極小
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
5 cm	45.9	48.2	40.5	33.5	36.0	25.2	39.7	41.4	33.6
15cm	41.0	42.3	36.5	34.9	36.9	25.2	37.9	39.4	31.7
25cm	38.2	39.7	32.0	35.0	37.2	25.2	36.6	38.5	29.5

1)処理初日 (7月26日) は含まない。
2)処理最終日 (8月28日) は含まない。

第3表 太陽熱土壤消毒期間中の地温 (1996年)¹⁾

深度	日最高地温 ²⁾			日最低地温			日平均地温 ²⁾		
	平均	極大	極小	平均	極大	極小	平均	極大	極小
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
5 cm	45.0	50.7	32.3	32.4	36.0	24.3	38.7	42.9	28.3
15cm	41.7	47.0	30.0	32.9	36.5	24.3	37.3	41.6	27.2
25cm	38.8	43.0	30.3	33.6	37.3	24.3	36.6	40.0	27.3

1)処理初日 (7月22日) は含まない。
2)処理最終日 (8月20日) は含まない。

間を超え、最小の1992年でも 139時間に達したが、地表下25cmでは1996年以外は40°C以上にはならなかった。地表下15cmの地温は1995年と1996年に測定したが、それぞれ172時間、152時間に達した。地温が40°C以上となった1日当たりの平均時間数は、地表下 5cmでは、1992年は 5.0時間、1995年は 9.2時間、1996年は 7.5時間となり、地表下15cmでは、1995年が 5.2時間、1996年が 5.3時間であった。

1995年及び1996年の太陽熱土壤消毒期間中の地温の状況を第2表及び第3表に示した。日最高地温の平均値は、両年も地表下 5cmでは45°Cを超え、地表下15cmでも 41.0~41.7°Cとなったが、地表下25cmでは38.2~38.8°Cにとどまった。

2 ハクサイ黄化病の防除効果

(1) 太陽熱土壤消毒の効果

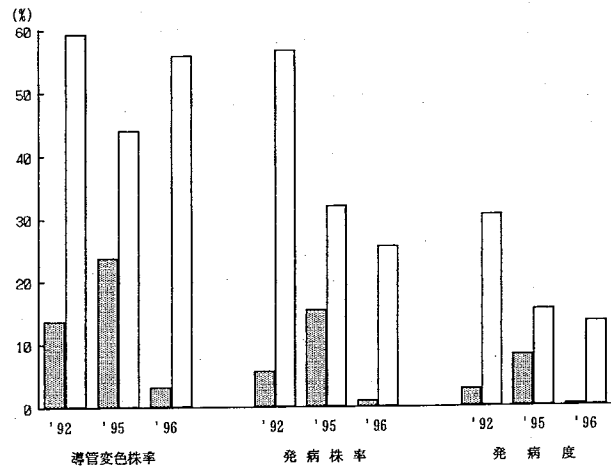
太陽熱土壤消毒単独の防除効果を第1図に示した。試験を行った3か年とも、太陽熱土壤消毒により発病株率、発病度、導管変色株率いずれも低くなり、特に1992年及び1996年は高い防除効果を示した。

(2) 微生物資材の施用効果

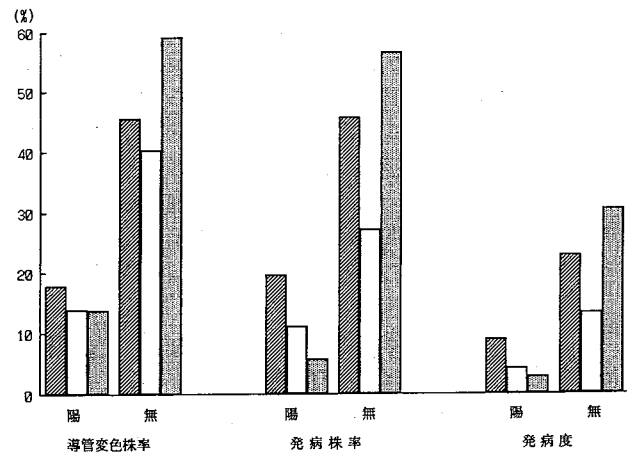
太陽熱土壤消毒処理区と無処理区における微生物資材の施用が発病に及ぼす影響について、第2図及び第3図に示した。

太陽熱土壤消毒を行わずに微生物資材を施用した場合には、VS-34とVSあかきんの混用は、1992年と1995年にはわずかに発病抑制効果を示したが、1996年は発病を助長する傾向となった。また、オーレスGは単年度の結果であるが、発病抑制効果はVS-34とVSあかきんの混用よりさらに低かった。

一方、太陽熱土壤消毒処理後に施用した場合には、1992年のVS-34とVSあかきんの混用、オーレスGは、いずれも無施用に比較して全く発病抑制効果を示さな



第1図 太陽熱土壤消毒処理のハクサイ黄化病に対する防除効果
■: 太陽熱土壤消毒処理 □: 太陽熱土壤消毒無処理



第2図 太陽熱土壤消毒処理と微生物資材によるハクサイ黄化病に対する防除効果 (1992年)
陽: 太陽熱土壤消毒処理 無: 太陽熱土壤消毒無処理
■: オーレスG10a 当たり120kg施用 □: VS-34とVSあかきんをそれぞれ10a 当たり 70kg、30kg施用
▨: 微生物資材無施用

かったが、1995年と1996年ではVS-34とVSあかきんの混用は、わずかに発病抑制効果を示した。

(3) DCIP乳剤の施用効果

DCIP乳剤は1995年と1996年に供試し、その結果を第4図に示した。太陽熱土壤消毒を行わずにDCIP乳剤を施用した場合には、無施用と比較して全く発病抑制効果を示さなかった。これに対し、太陽熱土壤消毒後に施用した場合には、無施用に比較して、明らかな発病抑制効果を示した。

3 収量調査

収量調査は1995年と1996年に行い、その結果を第4表に示した。

太陽熱土壤消毒無処理の各区では、黄化病の発生により結球に至らなかった株があり、結球株でも結球重が軽かったため、出荷可能株（結球重が1kg以上）の比率は、1995年が61.2~84.5%、1996年が38.4~58.4%にとどまった。

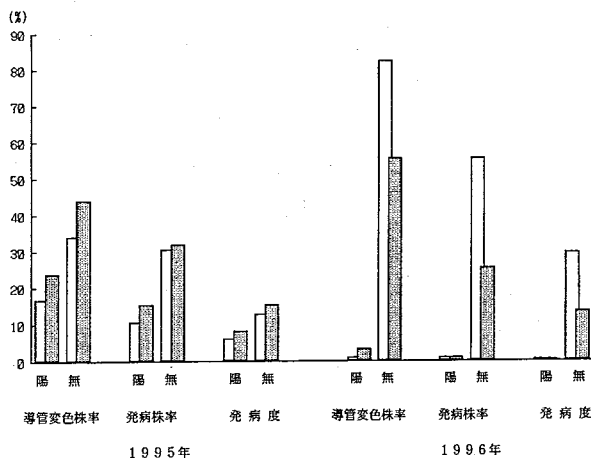
これに対し、太陽熱土壤消毒処理の各区では、1996年の太陽熱土壤消毒単独処理区の出荷可能株率が91.1%でやや低かった以外は、いずれも95%を超えた。微生物資材及びDCIP乳剤施用と収量との間には、一定の傾向

は認められなかった。

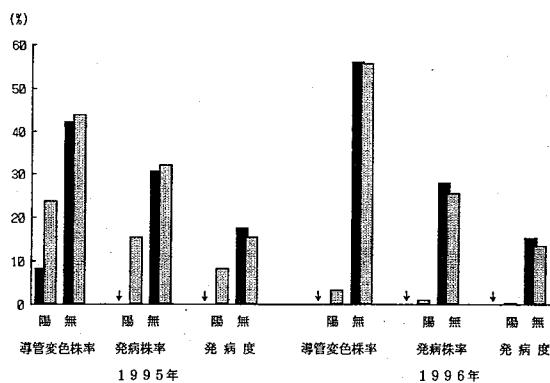
考 察

試験を行った3か年の太陽熱土壤消毒処理期間中の気象状況は、当場の気象観測記録によると、1992年8月は平均気温が平年より0.6℃低い26.6℃、1995年7月第6半旬~8月末は平年より1.1℃高い28.3℃、1996年7月下旬~8月中旬は平年より0.4℃低い26.9℃であった。すなわち、1992年と1996年の夏季の気象はほぼ平年並み、1995年は平年より高温であった。地表下5cmの地温が40℃以上となった積算の時間は、試験年次による処理日数の差の影響はあるものの、気温の最も高かった1995年が304時間と最も長く、平均気温が最も低かった1992年が139時間と短く、気温の影響が認められた。

小玉ら¹⁰⁾は、土壤伝染性病原菌のうち耐熱性の最も高い*Fusarium oxysporum*の40℃での死滅時間は、灌水条件では192時間であり、この条件では*V. dahliae*も完全に死滅するとしている。また、福井ら⁹⁾は、*Fusarium oxysporum*は40~43℃では積算時間48時間でほとんど発病しない密度にまで減少するともしている。鈴木ら¹⁷⁾によると、PSA培地上のナス半身萎ちょう病菌は、40



第3図 太陽熱土壤消毒処理と微生物資材によるハクサイ黄化病防除効果 (1995年及び1996年)
 陽：太陽熱土壤消毒処理 無：太陽熱土壤消毒無処理
 □：VS-34とVSあかきんをそれぞれ10a当たり70kg、30kg施用
 ■：微生物資材無施用



第4図 太陽熱土壤消毒処理とDCIP乳剤によるハクサイ黄化病防除効果
 陽：太陽熱土壤消毒処理 無：太陽熱土壤消毒無処理
 ■：DCIP乳剤 200倍液を2ℓ/m²かん注 □：DCIP乳剤無施用

第4表 太陽熱土壤消毒処理、微生物資材・DCIP乳剤施用とハクサイの収量

太陽熱	資材 ¹⁾	1995年				1996年			
		結球株率	結球重 ²⁾	出荷可能株率 ³⁾	収量 ⁴⁾	結球株率	結球重	出荷可能株率	収量
		%	kg	%	t	%	kg	%	t
処 理	VS	98.8	2.58	98.8	10.2	100.0	2.43	98.9	9.7
	DCIP	96.4	2.35	96.4	9.1	100.0	2.53	98.9	10.1
	—	97.6	2.56	96.4	10.0	97.8	2.28	91.1	8.8
無処理	VS	64.7	2.26	61.2	5.8	51.2	1.66	38.4	3.1
	DCIP	82.4	1.66	69.4	5.1	77.5	1.52	58.4	4.1
	—	90.5	2.12	84.5	7.5	76.7	2.12	52.3	3.7

1) VS：VS-34及びVSあかきんをそれぞれ10a当たり70kg、30kg施用。DCIP：DCIP乳剤を2ℓ/m²かん注。
 2) 結球した株の平均結球重量。
 3) 結球重が1kg以上の株の割合。
 4) 出荷可能株の結球重から算出した10a当たりの収量。

℃では72時間で死滅し、1日3.5時間の40℃加温処理により10日間で死滅するとしている。これらの報告から判断すると、本試験でも地表下5cm程度まではほぼ完全に病原菌が死滅し、15cmでもほとんどの病原菌が死滅したと考えられる。一方、地表下25cmでは、1996年を除いて40℃以上には達せず、露地ほ場では太陽熱土壤消毒処理による殺菌効果は深層までは及ばないものと推察される。このように深層の殺菌が不十分でも、本試験でハクサイ黄化病の発病が著しく抑制されたのは、本病菌がほとんど地表下10cm以内の浅い層の支根あるいは細根から植物体へ侵入する¹³⁾ことによるものと考えられる。

市販の微生物資材として、別途行ったナス半身萎ちょう病を対象にした試験⁸⁾で初期発病抑制効果の認められた、VS-34とVSあかきんの混用及びオーレスGを供試した。VS-34とVSあかきんの混用は、太陽熱土壤消毒無処理の場合には、1992年と1995年はある程度の発病抑制効果を示したものの、1996年は逆に発病を助長した。太陽熱土壤消毒処理後の施用では、いずれの年も発病にはほとんど影響しなかった。オーレスGも1992年だけの試験であったが、VS-34とVSあかきんの混用より発病抑制効果が劣った。年次間の発病差の原因に不明な点はあるものの、供試した市販の微生物資材は、ハクサイ黄化病防除の観点からは、施用の効果は望めないものと考えられた。

DCIP乳剤は、ハクサイに対してネコブセンチュウを対象に殺線虫剤として登録がある。芳岡¹¹⁾によれば、DCIP剤はVA菌根菌や植物生育促進性根圏細菌(PGPR)を活性化して植物の生育を促進したり、土壤病害抑制効果を発現したりするという。また、DCIP剤の土壤病害抑制効果は、土壤くん蒸剤や太陽熱による土壤消毒後に施用することにより高まるともしている。その原因は、土壤消毒によりDCIP剤を分解する微生物が死滅するためとしている。本試験でも、太陽熱土壤消毒処理後にDCIP乳剤を施用したときに、太陽熱土壤消毒単独より防除効果が高まった。太陽熱土壤消毒を行わずに、本剤のみを施用したときには全く防除効果が認められないことから、本剤の効果は直接の殺菌作用や殺線虫効果による間接的な病害防除効果ではないことが推察される。相野²⁾は、トマト青枯病拮抗細菌(*Pseudomonas putida* FP-16株)とDCIP乳剤を併用すると、拮抗細菌単独処理より発病抑制効果が著しく向上することを報告しており、DCIP剤のハクサイ黄化病発病抑制効果も、土壤微生物への何らかの作用による可能性が高いと考えられる。

このように、露地ほ場においても、夏季の太陽熱土壤消毒によりハクサイ黄化病の実用的な防除が可能であり、土壤消毒処理後にDCIP乳剤を施用すれば防除効果がさらに向上することが明らかになった。ただし、この防除法には、土壤を多湿にするための用水が確保できること、十分な積算地温が確保できること等が条件となる。かん水の代わりに自然の降雨を利用することも可能であるが、処理開始が天候に左右され計画的な実施は不可能である。地温上昇に必要な被覆資材については、露地

ではその材質によって効果に影響があるとの報告⁵⁾もある。本試験でも、1992年のポリエチレンフィルムで地温が他の2年より低かったのは、年次差のほか資材による影響があったと考えられる。経済性の面からは廃ビニルフィルム等の利用が実用的と考えられるが、なるべく厚めのフィルムを使用することが望ましい。夏の気象の影響については、冷夏年の1993年にも試験を行ったが、適期の栽培ができなかったことから、効果が明らかにできなかった。露地ほ場での冷夏年の太陽熱土壤消毒の効果については、1980年¹⁾、1988年¹⁾のハクサイ根こぶ病の試験例があり、防除効果は、その程度に差があるものの通常年より低下している。苗床のような小面積ならばトンネルを設置しての二重被覆法¹⁴⁾も採用できるが、本ほでは実用的でない。DCIP剤の補完効果についても冷夏年の事例がない。冷夏年の対策は、今後の検討課題ではあるが、一応の目安として、地表下15cmの地温が40℃以上の積算時間を48時間以上を目標として、それ以下の場合には、他の手段で防除対策を講ずる必要があると考える。

引用文献

1. 相野公孝, 合田薫, 坂本庵, 神納浄. 太陽熱利用によるハクサイ根こぶ病の防除 冷夏年における太陽熱消毒の効果. 関西病虫害研報. 24, 34(1982)
2. 相野公孝, 土屋健一, 河本征臣, 坂本庵. DCIP剤との併用処理による*Pseudomonas putida* FP-16株のトマト青枯病発病抑制効果の増進. 日植病報. 58, 604(1992)
3. 深谷雅博, 大野徹, 小出隆子, 廣田耕作. 太陽熱利用によるキク半身萎ちょう病およびキタネグサレセンチュウの防除. 日植病報. 56, 393(1990)
4. 深谷雅博, 小出隆子, 廣田耕作. ハクサイ根こぶ病に対する太陽熱消毒の効果. 関西病虫害研報. 32, 91(1990)
5. 福井俊男, 小玉孝司, 中西喜徳. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法についてIV露地型被覆処理による土壤伝染性病害虫に対する適用拡大. 奈良農試研報. 12, 109-119(1979)
6. 堀内誠三, 堀真雄, 高士祥助, 清水寛二. 太陽熱利用土壤消毒法によるアブラナ科野菜根こぶ病防除の試み. 日植病報. 47, 392(1981)
7. 家村浩海, 吉本均, 木下繁慶. 露地の太陽熱消毒における処理期間の推定について. 日植病報. 52, 125(1986)
8. 加藤晋朗. パーティシリウム菌に対する微生物資材の効果. 関西病虫害研報. 37, 65(1995)
9. 小玉孝司, 宮本重信, 宮川逸平, 志賀陽一. 夏季の温室密閉による土壤消毒法. 農および園. 51, 889-894(1976)
10. 小玉孝司, 福井俊男. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法についてI. 土壤伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壤温度の変化. 奈

- 良農試研報. 10, 71-82(1979)
11. 小玉孝司, 福井俊男, 中西喜徳. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法についてⅡ. イチゴ萎黄病ほか土壤伝染性病害に対する土壤消毒効果と判定基準の設定. 奈良農試研報. 10, 83-92(1979)
 12. 小玉孝司, 福井俊男. イチゴ萎黄病に対する露地型太陽熱土壤消毒法の適用. 日植病報. 48, 699-701(1982)
 13. 河本征臣, 駒田旦, 国安克人. ハクサイ黄化病の病徴発現の様相. 日植病報. 51, 325(1985)
 14. 清水寛二, 高士祥助, 川田和. 太陽熱利用による露地野菜の土壤病害防除に関する研究 (1)トンネル被覆方式による土壤消毒効果. 日植病報. 48, 347-348(1982)
 15. 清水寛二, 鈴木良治, 川田和. 太陽熱利用による露地野菜の土壤病害防除に関する研究 (7)根こぶ病に対する被覆期間と作物の種類による防除効果. 関西病虫害研報. 26, 61(1984)
 16. 清水寛二, 高士祥助, 川田和. 太陽熱利用による露地野菜の土壤病害防除に関する研究(10)苗立枯病に対する防除効果. 日植病報. 52, 545(1986)
 17. 鈴木良治, 清水寛二, 川田和. 太陽熱利用による露地野菜の土壤病害防除 (4)変温処理による各種土壤病原菌の有効死滅温度. 関西病虫害研報. 29, 49(1983)
 18. 梅本清作, 村田明夫, 長井雄治. ネギ黒腐菌核病に対する夏季露地マルチによる土壤消毒. 日植病報. 52, 98(1986)
 19. 米山伸吾. 夏季ハウス密閉による土壤消毒 (3)ハクサイ黄化病の防除効果 (露地). 昭和55年春季関東東海農業試験研究打合わせ会議資料 (病害関係試験成績概要). 1-2-12(1980)
 20. 米山伸吾. ハクサイ黄化病の防除. 昭和58年度関東東海農業試験研究成績・計画概要集Ⅳ病害. 1-2-8(1984)
 21. 芳岡昭夫. DCIP剤と微生物の力. 東京, 全国農村教育協会, 140p.(1995)