

生産物の減農薬のための物理的・耕種的害虫防除技術

浦上 敦子

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所

Physical and Cultural Pest Management Techniques to Reduce Chemical Usage in Vegetable Cultivation.

Atsuko URAGAMI

National Agriculture and Bio-oriented Research Organization
National Institute of Vegetable and Tea Science

キーワード：ネット，温室密閉，太陽熱，線虫，輪作，キュウリ，ニンジン

1 はじめに

1.1 物理的・耕種的防除とは？^{1) 2)}

物理的防除法としては、被覆資材・近紫外線除去資材による侵入防止、粘着トラップによる誘殺、銀白色資材による忌避効果、太陽熱・熱水処理による土壌害虫防除、吸引除去などがある。耕種的防除法としては輪作、混作、栽植密度の改変、雑草管理、播種・植え付け時期の調節、施肥、耐虫性品種利用などによるものがある。総合防除（IPM）の基盤となる防除法で、対象害虫を低密度に抑制し、予防する。既に発生しつつある害虫の対策としてより、はじめから害虫が発生・侵入しにくい環境を作り出すことに主眼をおく。いったん多発したものについては対応できないことも多い。

1.2 今なぜ物理的・耕種的防除か？

臭化メチルに代表される化学的防除による環境負荷増大や薬剤抵抗性害虫の発生、輸入農産物の残留農薬問題や無登録農薬使用などによる消費者の減農薬志向により、農薬のみに頼らない総合防除の重要性が増している。それに伴って総合防除の柱となる物理的・耕種的防除法の研究・開発が求められている。

1.3 総合防除（IPM）における物理的・耕種的防除の役割^{1) 2)}

一般に物理的・耕種的防除法のみでの防除は完全ではなく、他の防除方法との併用が必要である。また、物理的・耕種的防除法はその効果が、防除期間中の天候や栽培時期などの諸条件によって影響を受けやすい。効果的

な総合防除を行うためには、それぞれの物理的・耕種的防除手法について研究側が細かなデータと裏付け理論を提供し、それによって使用する側が自分の栽培にあった手法を選択するとともに不足する防除を生物学的あるいは化学的手法で補うという形が望ましい。

物理的・耕種的防除法を栽培法の基盤に位置づけ、補完する形で生物農薬あるいは化学農薬を使用して低農薬・低コストで安定的な防除を行い、高付加価値化を目指すことが輸入農産物に対抗できる農業生産を行う上で一層重要となるだろう。

ここでは具体例として、近年関東東海地域で報告された物理的・耕種的害虫防除技術を紹介する。

2 被覆資材等による物理的防除

2.1 イージーネットハウス（東京都農業試験場）^{3) 4) 5)}

方法と特徴：19mmパイプを使用し、間口3.1m、高さ2.1mのハウスフレームの上からネットを全面被覆する。ネットは両サイドのビニベットで固定するとともに、土中に埋め込む。妻面は余分なネットをたたみパッカーで固定する。冬季には保温と降雪対策としてネットの上から外張りフィルムを被覆し、マイカー線で固定する。作付前や収穫時には妻面を捲りあげて中にはいる。片側散水チューブを常設させ、適宜かん水もできる。ネットハウス下の降雨量はネットの目合いが狭いほど少なくなる傾向が見られ、中央部ほど多くなる。資材費は坪当たり約7,000円だが、耐用年数は骨材が10年、被覆材が約3年で、年間当たりでは坪当たり約1,500円となる。ネット資材は、ネットの目ずれがしないもの、耐候性、

透光性、通気性の高い資材を選定する。施肥は原則的に追肥を省く。

2.1.1 夏まきキャベツ栽培：品種「しずはま2号」

定植後の薬剤散布回数は1～2回で7割から9割の上物が得られ、無被覆区の5回(H13)～10回(H14)散布に比べても同等以上となった(表1)。虫害はヨトウガとタマナヤガの幼虫による食害で、ネット区での卵塊は確認されなかった。侵入したヨトウムシ類は捕殺する。土中に潜むヨトウムシ類の対策として、作付け前からネットハウス内および周辺の雑草防除を行う。キャベツの上物率は結球部上面に生じたべと病のため、収穫時期が遅れると低下した。

2.1.2 夏まきコマツナ・ハウレンソウ栽培：品種コマツナ「彩夏」、ハウレンソウ「アクティブ」

ネット区ではほぼ良好な生育を示し安定した収量を得ることができたが、無被覆区は収穫皆無となった(表2)。コマツナではキスジノミハムシ、アブラムシ、ハイマダラノメイガ、コナガが発生した。ネット目合いはタテ・ヨコ双方が1mmを越えた場合に虫害が発生した。

2.1.3 冬まきコマツナ・ハウレンソウ栽培：品種コマツナ「彩夏」、ハウレンソウ「アクセス2号」

栽培期間中農薬無散布。マルチ区では収量はネット無し区が最も高く、ネット区はやや劣ったが、草丈、葉色、

上物率はネット無し区と差のないものもあった。無マルチ区では収量や草丈の処理間差は小さかったが、コマツナの葉色はネットの種類によってはネット無し区に比べ低いものがあった。

2.1.4 冬まきコカブ栽培：品種「CR里丸」

地上部はネットの種類によってはネット無し区と差のないものもあった。しかし、ネット被覆区はいずれも地下部の発育が低下してT/R比が高くなり、その傾向はマルチ区で顕著であった。

2.2 温室内高温処理(神奈川県農業総合研究所)⁶⁾⁷⁾

対象：アブラムシ類・オンシツコナジラミ・ワタヘリクロノメイガ・アザミウマ類

方法と特徴：5～6月まき施設キュウリにおいて、収穫開始期より換気温度を一時的に45℃に設定し、ハウス内気温45℃が1時間継続するよう温室密閉処理を行う。処理後は直ちに開放する。葉やけ防止のため、45℃密閉処理を行う直前に室温上限を40℃とした馴化処理を1週間行う。処理の効果を上げるため、温室密閉前に畝間かん水等を行い、密閉中に十分湿度が上がるよう留意する。

表1 各ネットハウスの透光率および目合いとキャベツ上物率および害虫の発生程度との関係(小寺2003)

処理区 (資材名) ¹⁾	透光率 (%)	目合い (mm)	上物率(%)		虫害程度 ²⁾		べと病 発病度
			11月12日	12月2日	外葉	結球部	
ライトネット①	78	0.8	87	81	14.5	1.0	20.0
F-1500②	77	0.6*0.95	87	74	63.5	0.0	27.5
PX-50②	70	0.4	93	49	2.5	2.0	35.5
N-2220②	83	0.98	100	98	1.5	0.5	0.0
ベルネット②	57	0.7*0.9	100	78	1.0	0.0	24.5
無被覆	100	—	73	58	95.5	35.0	3.5
HB-75①	63	0.75	93	75	6.0	2.0	5.0
N-3230②	81	0.6	100	78	3.0	1.0	25.0

1) ①は14年5月、②は13年6月展張、透光率は9月11日測定

2) 虫害程度は、次式より算出 $\Sigma(\text{程度別虫害株数} \times \text{指数}) / (4 \times \text{調査株数}) \times 100$ 指数0:無, 1:微, 2:少, 3:中, 4:多
農薬散布回数:各ネット区は1回, 無被覆区は10回
播種14年7月26日, 定植8月20日, 品種「しずはま2号」

表2 各種ネットハウス下における葉菜類の生育(小寺2002)

処理区	コマツナ			ハウレンソウ		
	草丈 cm	葉色 SPAD値	収量 g/10穴	草丈 cm	葉色 SPAD値	収量 g/10穴
F-1500	28.5	41	950	20	35	460
K3557	25.8	40	803	23	34	435
N-2220	26.8	42	900	21	37	460
N-3230	未調査	未調査	未調査	21	36	445
PX-50	25.9	37	850	17	34	200

無被覆:いずれも虫害および乾燥害により収穫不能
播種H13, 7/10(9415マルチ), 調査コマツナ7/31, ハウレンソウ8/10

2.2.1 温室密閉処理の時間帯と病害虫抑制およびキュウリの収量との関係

処理の時間帯は4:30~10:30にかけて最も効果的であり、ハダニ類の発生も認められないか軽微であった(表3, 4)。しかし、午前中に収穫を行う作業体系では早朝に温室の密閉を行うことは困難である。

日中の高温処理でハダニ類に対する効果が劣り低収となった原因は明らかではないが、日中は温度が上昇しやすく高温処理中に天窓・側窓が開いている時間が長いことため湿度が低下したことも一因と思われた。ハダニ類は抑制できなかったが、殺ダニ剤散布によって抑制することは可能だった。べと病、うどんこ病に対しても抑制効果が認められた。

2.2.2 品種間差

栽培試験およびクロフィル測定法による耐暑性評価の結果より、‘大将’‘アンコール10’が適していた(表5)。2001年の結果では、‘アンコール10’は防除区、無防除区ともに‘大将’より低収であった(表6)。この地域では露地キュウリの収穫期間45~60日の平均収量は400~500kg/a程度である。これに比べて、高温処理を行った栽培では出荷規格における上物果Bの発生がやや多いものの、‘大将’の防除区で合計497kg、無防除区で433kgとなり、実用レベルに達していると判断

された。

2.2.3 処理のインターバル

2001年の任意の日の収穫果数は収穫日3~7日前の最高気温と負の相関が認められた(表7)。高温多湿条件下ではキュウリの開花後7~8日程度で収穫となることから、幼果が高温により落果することが低収の原因と考えられた。2002年は2001年に比べると、晴天日が多いものの、任意の日の収穫果数は収穫8日前の最高気温と正の相関があり、前年のように幼果が高温障害で落果したことが収量に影響したとは考えられなかった。この原因は明らかではないが、高温処理が8~14日に1回程度の頻度となったため、その時点で着生していたつぼみや開花直後の幼果が高温によって多く落果し、着果負担が減った結果、その後の無処理期間での着果が増加したことも原因の一つと考えられた。

落果を抑え収量を確保するためには、耐暑性の強い「大将」等の品種を用い、開花から収穫までに要する果実肥大期間7~8日より長いインターバルで処理をすることが適当と考えられた。

2.3 土壌被覆処理(農業研究センター)⁸⁾

対象：サツマイモネコブセンチュウ、キタネグサレセンチュウ

表3 温室密閉による一時的な高温処理が病害虫抑制に及ぼす影響(佐藤ら)

処 理	化学的防除 ^z	病害虫発生状況 ^y				
		アザミウマ類 ^x	オンシツコナジラミ ^x	アブラムシ類 ^x	べと病 ^w	うどんこ病 ^w
一時的な高温処理	+	0	8	2	0	0
	-	0	18	20	0	0
常時開放	+	4	74	0	8	49
	-	2	92	100	62	88

^z 化学的防除内容については表4参照

^y 調査日:1999年8月10日

^x 100葉あたり寄生葉数

^w 100葉あたり発生葉数

^v 4:30-10:30の間、45℃を上限として温室を密閉した。

表4 温室密閉による一時的な高温処理の時間帯がキュウリの収量におよぼす影響(佐藤ら)

処理時間帯 ^z	化学的防除 ^y	総収量		可販果収量		上半期収量割合(%)	上物果率(%)
		果数(果/株)	果重(kg/株)	果数(果/株)	果重(kg/株)		
常時開放	+	35.7	3.0	25.7	2.2	41.6	72.0
	-	19.9	1.6	16.1	1.3	64.0	81.2
日中処理	+	52.4	4.6	35.6	3.1	34.6	67.9
	-	38.8	3.1	28.7	2.3	41.7	74.1
早朝処理	+	49.1	4.0	34.9	3.0	33.1	71.0
	-	50.1	4.3	37.8	3.2	36.4	75.5

^z 日中処理は11:30-13:20、早朝処理は4:30-10:30の間、45℃を上限として温室を密閉した。

^y マンゼブ水和剤、ジチアノン・銅水和剤、TPN水和剤、オキサジキシル・TPN水和剤、銅・メタラキシル水和剤、スルフェン酸系水和剤、イブロジオン水和剤、ジェットフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤、プロシミドン水和剤、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤、ポリオキシシン乳剤、トリフルミゾール水和剤、キノキサリン系水和剤、エトフェンブロックス乳剤、アセタミプリド水溶剤、ピメトロジン水和剤、イミダクロプリド水和剤、ベルメトリン乳剤、エマメクチン安息香酸塩剤を用い、10日に1回程度の頻度で、計8回の農薬散布を行った。

表5 温室密閉による一時的高温処理がキュウリの収量におよぼす影響（佐藤ら）

品 種	収穫果数（果/株）					
	1997			1998		
	常時開放	温室密閉時間 ^z		常時開放	温室密閉時間	
アンコール 10	16.7	34.0	35.7	20.5	29.6	25.2
オナー	12.2	22.1	31.3	19.3	22.1	18.6
翠星節成	18.4	30.2	38.0	18.2	27.7	22.8
大将	19.3	33.0	59.4	25.4	29.0	22.0
南極 1 号	10.1	19.8	16.5	12.0	20.3	17.6
F 検定 ^y						
一時的高温処理		**			*	
品種		*			*	
交互作用		n.s.			n.s.	

^z 短時間処理は4:30-10:30, 長時間処理は4:30-13:30の間, 45°Cを上限として温室を密閉した.

^y n.s, *, **はF検定により, それぞれ有意差なし, 5%レベルで有意, 1%レベルで有意であることを示す.

表6 温室密閉による一時的高温処理がキュウリの収量におよぼす影響（佐藤ら）

品 種	化学的防除	総収穫果数 ^z (果/a)	上物果数 ^y (果/a)	上物果重 (kg/a)	上物果割合 (%)
大将	+	5909	5144	496	87.1
	-	5115	4548	434	88.9
アンコール 10	+	4514	3779	391	83.7
	-	4865	4125	421	84.8

^z 収穫期間: 2001年7月23日~9月17日

^y 収穫果の基準: 80g以上

^x 上物果の基準: 曲がり4cm以内

表7 キュウリ果実の肥大中に遭遇した最高内気温が収穫本数におよぼす影響（佐藤ら）

収穫までの日数	収穫果数と過去の最高内気温の相関関係	
	2001年 ^z	2002年
0	-0.148	0.054
1	-0.031	0.038
2	-0.256	-0.019
3	-0.360** ^y	-0.088
4	-0.349*	-0.103
5	-0.343*	-0.114
6	-0.477**	-0.021
7	-0.359**	0.232
8	-0.252	0.324**
9	-0.053	0.227
10	-0.024	0.127

^z 2001年: n=57, 2002年: n=61

^y **, *はそれぞれ, 1%レベル, 5%レベルで有意であることを示す

方法と特徴: ニンジンの播種4週間前(6月下旬から7月上旬)に, 施肥, 耕起および畝立てを行い, 畝面を厚さ0.03mmの透明ポリエチレンフィルムで被覆する. 被覆は4週間行い, フィルム除去後, 直ちに耕起せずにそのまま播種する.

約1ヵ月間の太陽熱処理によって, 無処理と比較した補正殺虫率(線虫は自活性が主)は, 地表から5cmま

での層では99%以上, 深さ5~10cmでは97%となり(表8), 殺線虫剤施用と同等の効果と言える. 特に, 地表近くの防除効果が高く, ニンジンの被害に大きく影響する初期生育における線虫の加害を回避することが可能である.

この圃場試験の結果を解析するため, 線虫を含む土壌を一定温度で一定時間の加温処理をする室内試験を行った(表9). サツマイモネコブセンチュウが検出されなくなる処理条件は, 50°Cでは1時間, 45°Cでは4時間, 40°Cでは72時間であった. キタネグサレセンチュウが検出されなくなるのは, 50°Cでは4時間, 45°Cと40°Cでは72時間処理であった. 35°C以下では, 両種ともに7日間の処理後も検出された. 自活性線虫は, 50°Cの24時間処理, 45°Cの72時間処理の後でもわずかであるが検出され, 植物寄生性線虫に比べて, 高温の耐性が強い. このことから, 自活性線虫を指標として処理効果を判定することが可能と判断された.

表10に太陽熱処理期間中における試験圃場の各深さの一定温度以上を記録した積算時間を示した. 3カ年とも深さ0cmおよび2cmにおける地温50°C以上の積算時間は26時間以上となり, 自活性線虫がほとんど検出されなくなる24時間を越えていた. また, 深さ5cmでは, 2001年のみで地温45°C以上が90時間となったにすぎず,

表8 太陽熱処理による線虫密度の変化（中央農研谷和原畑圃場 1997年）（皆川ほか）

	処理前 (6月24日)	処理後 (8月1日)	収穫時 (12月1日)	
[処理区]				
植物寄生性	2.2	0 (0)	0	(0)
自活性	385.4	2.5 (29.6)	863.1	(758.1)
[無処理区]				
植物寄生性	5.1	0.9 (0.9)	0.2	(1.6)
自活性	329.0	102.3 (971)	1052	(1567)

植物寄生性線虫は、キタネグサレセンチュウとキタネグサレセンチュウの合計。

カッコ外の数字は地表から深さ5cm、カッコ内は深さ5~10cmの土壌(20g)から検出された線虫数。

表9 土壌の加温処理による線虫の変化（皆川ほか）

[サツマイモネコブセンチュウ]							
温度	0.5	1	24	48	72	168	時間
50℃	67	0	—	—	—	—	—
45℃	136	53	0	—	0	—	—
40℃	93	58	66	50	0	0	0
35℃	—	100	60	—	64	28	28
25℃	—	70	55	—	111	74	74
[キタネグサレセンチュウ]							
温度	0.5	1	24	48	72	168	時間
50℃	83	0	0	—	—	—	—
45℃	99	77	0.5	33	0	—	—
40℃	99	97	79	—	0	0	0
35℃	—	101	95	—	104	68	68
25℃	—	100	92	—	82	75	75
[自活性線虫]							
温度	0.5	1	24	48	72	168	時間
50℃	97	0.1	0.02	—	—	—	—
45℃	99	98	18	—	0.1	—	—
40℃	111	110	78	63	17	5	5
35℃	—	120	72	—	111	84	84
25℃	—	100	66	—	109	103	103

処理前を100とした処理後の線虫数。処理後の線虫数の増加は、卵からの幼虫の孵化が主な原因。

表10 太陽熱処理区における一定温度以上を示した積算時間（中央農研谷和原畑圃場）（三浦・片山）

深さ	測定年	55℃以上	50℃以上	45℃以上
0cm	1999	27	51	94
	2000	62	99	143
	2001	113	170	210
2cm	1999	7	26	50
	2000	23	58	102
	2001	24	105	176
5cm	1999	0	0	0
	2000	0	0	0
	2001	0	1	90

単位：時間

気象条件によっては太陽熱処理の効果を十分に期待できないと考えられた。

ニンジンにおける線虫の要防除密度（土壌20g当たり検出数）は、サツマイモネコブセンチュウで20~30頭、キタネコブセンチュウで2頭前後、キタネグサレセンチュウで約4頭とされる。気象条件にもよるが、太陽熱処理による殺虫率から見て、処理前の密度が、サツマイモネコブセンチュウで60頭以下、キタネコブセンチュウで5頭以下、キタネグサレセンチュウで11頭以下であると、処理後の密度を要防除水準以下とすることが可能である。

3 輪作等、植生管理による耕種的防除

3.1 輪作によるセンチュウ防除（農業研究センター）^{9) 10)}

対象：キタネグサレセンチュウ、ミナミネグサレセンチュウ

ダイコン、サトイモ、エダマメには特有の線虫が複数加害するが、主な加害線虫が異なるため、エダマメとダイコンの組み合わせを除けば、ある作物の連作圃場は他の2作物の好適圃場となる（表11）。

また、1997年からニンジン連作およびダイコンーニンジン輪作を行った圃場に、サトイモを作付けた結果、サトイモ収穫後キタネグサレセンチュウ密度はほぼ0になり、低密度状態は翌年の春作収穫時まで維持された（図1）。

1997年の試験開始当初、試験区におけるキタネグサレセンチュウ密度は、ほぼゼロに近かったが、いずれも寄主作物であるニンジンあるいはダイコンの作付により徐々に密度が増加した。ニンジン連作区およびダイコンーニンジン輪作区において、2000年にサトイモを作付けた結果、キタネグサレセンチュウの密度がニンジン連作区およびダイコンーニンジン輪作区に比べ大きく減少し、サトイモ収穫後はほぼゼロになった。低密度状態は翌年の春作収穫時まで維持された。

キタネグサレセンチュウは寄主範囲が広く、ニンジンでは根部が正常な形に生育しない、いわゆる寸詰まりニンジンが発生し、問題となる。ダイコンでは、収量自体には影響を与えないものの、表面に白い斑点痕を残すため、商品価値が著しく下がる。今回の結果でも、これまでの報告と同様にサトイモ作付によるキタネグサレセンチュウの密度低下効果が確認された。キタネグサレセンチュウ防除にはマリーゴールドを栽植する方法が一般的だが、経済作物であるサトイモの栽培により密度低減を図ることができれば、化学農薬の代替法として農家への普及が期待できる。

4 おわりに

消費者の「安心・安全」な作物への要求は強く、物理的・耕種的防除法の研究・開発は今後も増加していくも

表 11 作付が線虫密度に与える影響 (Yamada and Nakagawa 1998 を和訳)

作物	作付	<i>P. penetrans</i>	<i>P. coffeae</i>	<i>M. incognita</i>	<i>H. glycines</i>
		キタネグサレセンチュウ	ミナミネグサレセンチュウ	サツマイモネコブセンチュウ	ダイズシストセンチュウ
エダマメ	連作	72	0	0	131.7
	輪作 ^a	36.7	0	0	108.3
ダイコン	連作	148	0	0	0
	輪作 ^b	41	0	0	3
サトイモ	連作	0	115.7	35.3	0
	輪作 ^c	0	1.3	0	0

^aサトイモ後, ^bエダマメ後, ^cダイコン後.

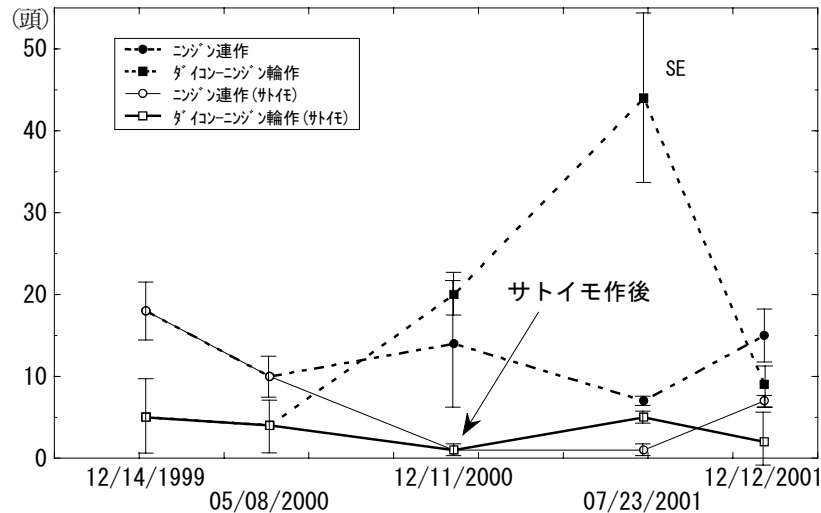


図 1 土壌 20g あたりのキタネグサレセンチュウ数の推移 (n=9)

のと思われる。

物理的・耕種の防除法の広範囲な導入・定着のためには、補完する技術の組み合わせによる効果の安定化、軽労化・低コスト化に対する研究が必要である。また、以前から経験的に行われていた物理的・耕種の防除については、科学的データによって理論的に裏付け、その不安定要因が明らかにされなくてはならない。

今回紹介した防除法は総合防除 (IPM) の核となりうる防除法だと思われる。各防除法の特徴を知った上で、現場への普及が図られることを期待したい。

摘要

化学的防除による環境負荷増大や薬剤抵抗性害虫の発生、輸入農産物の残留農薬問題などによる消費者の減農薬志向により、総合防除の重要性が増している。それに伴って総合防除の柱となる物理的・耕種の防除法の研究・開発が求められている。ここでは具体例として、近年関東東海地域で報告された物理的・耕種の害虫防除技術としてイージーネットハウス (東京都農業試験場)、温室室内高温処理 (神奈川県農業総合研究所)、土壌被覆処理 (農業研究センター)、輪作によるセンチュウ防除 (農業研究センター) を紹介した。物理的・耕種の防除を科学的データによって理論的に裏付け、またその不安定要因を明らかにすることにより、当該防除法の広範囲な導入、

補完する技術の組み合わせによる安定的な利用、軽労化・低コスト化による定着が図られるであろう。

引用文献

- 1) 内藤篤. 1978. 害虫の耕種の防除法を考える. 農業および園芸. 53 (1): 11-16
- 2) 矢野栄二. 1989. 耕種の制御による害虫防除. 農業および園芸. 64 (1): 199-204
- 3) 小寺孝治. 2002. 無〜減農薬栽培を可能とするイージーネットハウス. 東京農試技術成果レポート: 15-16
- 4) 小寺孝治ほか. 2003. イージーネットハウスによる冬まき葉根菜類の作型評価. 東京農試成果情報: 49-50
- 5) 小寺孝治ほか. 2003. イージーネットハウスの減農薬栽培における2年目の評価. 東京農試成果情報: 51-52
- 6) 佐藤達雄ほか. 2003. 温室密閉による高温処理が夏キュウリの生育ならびに病害虫の発生におよぼす影響. 園学雑. 72 (1): 56-63
- 7) 佐藤達雄ほか. 2003. 温室密閉による高温処理がキュウリの収量ならびに病害虫の発生抑制に及ぼす影響. 神奈川農総研研報. 143: 49-54
- 8) 三浦憲蔵ほか. 2003. 太陽熱処理を導入した秋冬ニンジンの生産技術. 農耕と園芸. 2003 (7): 78-81
- 9) Yamada, M. and I. Nakagawa. 1998. Sustainable Vegetable Growing-How to Control Injury of Nematodes by Cropping

System-. 園学雑. 67 : 1229-1231

- 10) 浦上敦子ほか. 2003. ニンジンを中心とした作付体系と施肥処理がニンジンの収量, 品質, 土壌溶液硝酸態窒素濃度およびキタネグサレ線虫密度に及ぼす影響. 中央農研研報. 3 : 51-58