

夏播きニンジンの露地有機栽培における太陽熱処理法の雑草抑制効果

鳥取県農業試験場
水田高度利用研究室
松村 和洋

はじめに

作物栽培では、雑草対策が重要な課題である。雑草は水や、栄養素を作物と競合する上、作物と比較して生育が速く、太陽光を遮り作物の生育を妨げる。時には収穫作業の妨げとなり、病害虫の住処となる等の問題点がある。そのため除草作業は必須だが、除草剤が使えない有機農業において除草作業は重労働となっている。

この雑草に対する対策として化学的、耕種的、生物的、物理的な手法がある。その手法のなかで加熱による方法として、熱水消毒法や蒸気消毒法、太陽熱処理法（あるいは太陽熱土壌消毒法）が挙げられる。この方法は、各種化学薬剤と違って生産者や近隣住民への薬剤暴露リスクはない。しかし、熱水消毒法と蒸気消毒法は専用の機械を必要とするため、コストが高く導入しにくい。また、加熱の熱源によっては二酸化炭素（温暖化ガス）の排出がある。一方、太陽熱処理法はマルチャーなど専用機械での施工に加え、鍬だけでも施工ができるため導入し易い。

この太陽熱処理法 (Katan *et al.* 1976) は、夏期には場表面あるいは畝表面を透明ポリエチレンフィルムで被覆し、地温を一定期間 40℃以上にする事で土壌中の様々な病原菌や害虫、雑草種子等を死滅させる技術であり、作物の播種、定植前に行われる。日本では主に病害虫防除のために用いられており、イチゴ萎黄病（小玉・

福井 1982）、ナス青枯病（山口ら 1987）、チンゲンサイ根こぶ病（久野ら 1995）などの病害やマメハモグリバエの蛹（田中ら 1996）など多くの防除効果が報告されている。雑草に対する抑制効果試験は病害虫防除に比べると少ないが、奈良県農業試験場（信岡・細田 1992）や、千葉県農業試験場（桑田ら 2000）などで行われており、高い雑草抑制効果が報告されている。ここでは、水田転換畑における太陽熱処理後の雑草抑制効果と、実際の作業時間から削減できた除草作業時間、そして有機栽培ニンジンの生育・収量に与える影響について述べる。

1. 太陽熱処理法

太陽熱処理の手順は、以下の通りとなる。

- ①施肥・耕耘を行う。
- ②畝立てを行う。
- ③灌水チューブなどで十分灌水を行う。ただし、まとまった降雨後に被覆するなら不要。
- ④透明ポリマルチで畝を隙間ができないように被覆する。
- ⑤約1か月後被覆を除去する。

土壌への灌水量は、土壌の最大容水量で60%以上（湿った土をぎゅっと握りしめて、ゆっくりひらいた時に、土の塊にひびが入る程度）が目標（農研機構 2015；家村 1987）とされており、本試験でもこのとおり実施した。注意点として、太陽熱処理後に耕耘、畝立てを行うと、雑草種子や病害

虫等の死滅が不十分な下層部の土壌が混和され、太陽熱処理の効果が低くなる。

2. 太陽熱処理時の地温の推移（深さ1cm, 5cm）

試験は鳥取県鳥取市瀬町鷹狩で実施した（図-1）。現地試験は海抜58mにあり、2020年、2021年ともに中粒質普通灰色低地土の水田転換畑であった。太陽熱処理の被覆期間は2020年が7月21日から8月20日の30日間であり、2021年が7月27日から8月31日の35日間であった。なお、この期間の鳥取市の気温は2020年7月の気温が平均24.6℃、日最高33.6℃、日最低18.2℃、8月が平均29.3℃、日最高38.1℃、日最低22.7℃であり、2021年7月が平均26.9℃、日最高36.2℃、日最低21.3℃、8月が平均26.8℃、日最高39.2℃、日最低20.5℃であった（気象庁鳥取市気温データ）。

現地太陽熱処理作業は降雨後の水田転換畑で、トラクターを用いて畝立てと透明ポリマルチ被覆が同時に行われた。土壌温度は、データロガー（T & D社製おんどとり）を用いて、太陽



図-1 太陽熱処理時のほ場

表-1 各区、測定深における地温域別積算遭遇時間 (2020年, 2021年)

年度	区名	測定深	地温域別積算遭遇時間(h)				合計
			45℃以上 50℃未満	50℃以上 55℃未満	55℃以上 60℃未満	60℃以上	
2020年	太陽熱処理	1cm	50.8	37.5	31.5	15.8	135.7
		5cm	55.3	36.8	14.8	0	107.0
	無処理	1cm	5.2	0	0	0	5.2
		5cm	0	0	0	0	0
2021年	太陽熱処理	1cm	75.5	47.3	36.8	44.5	204.1
		5cm	38.5	28.0	11.3	0	77.8
	無処理	1cm	9.5	0	0	0	9.5
		5cm	0	0	0	0	0

注) 2020年, 太陽熱処理区, 無処理区の測定期間は7月21日から8月20日。

2021年, 太陽熱処理区の測定期間は7月27日~8月14日。無処理区の測定期間は7月27日~8月31日。

熱処理区と, 無処理区の深さ1cmと深さ5cmの地温を測定した。その結果は, 表-1の通りであった。片山ら(2003)の研究報告より, 雑草抑制効果は土壌温度が45℃では168時間, 50℃では48時間, 55℃では6時間で認められ, 土壌温度が高くなるほど抑制に必要な時間が短くなっている。

2020年の太陽熱処理区の地温域別積算遭遇時間は, 深さ1cmで45℃以上の積算遭遇時間が135.7時間であり, 深さ5cmで45℃以上の積算遭遇時間は107時間であった。また, それぞれの深さにおける45℃から60℃以上の積算遭遇時間を考えると, 露地栽培における水田転換畑での夏期太陽熱処理

1か月間は, 土壌深さ5cmまでの雑草抑制効果が期待できる結果であった。2021年の測定期間は, 観測装置への水の浸入により7月27日から8月14日としているが, 2020年と45℃以上の積算遭遇時間が同程度であり雑草抑制効果があると考えられる結果であった。

3. 雑草の発生本数

2020年と2021年の約1か月間太陽熱処理を行った結果, ニンジン栽培

表-2 各区におけるニンジン栽培期間中の雑草発生量 (2020年)

区名等 草種名	太陽熱処理				生産者体系		無処理	
	本数(本/㎡)	乾物重(g/㎡)	本数(本/㎡)	乾物重(g/㎡)	本数(本/㎡)	乾物重(g/㎡)	本数(本/㎡)	乾物重(g/㎡)
ハキダメギク	5 (1.9)	214.3 (132.9)	110	19.0	270	161.3		
オランダミナグサ	45 (19.6)	2.8 (143.6)	590	1.8	230	2.0		
コハコベ	140 (66.7)	0.2 (16.7)	1285	2.7	210	1.2		
ナズナ	0 (0)	0 (0)	350	2.2	155	0.0		
オオイヌフグリ	35 (30.4)	0.2 (3.1)	350	3.5	115	4.9		
スズメノカタビラ	10 (14.3)	0.4 (100.0)	70	0.0	70	0.4		
ハナイバナ	0 (0)	0 (0)	85	1.8	45	1.8		
イヌガラシ	0 (0)	0 (0)	25	0.0	40	6.0		
イヌビユ	0 (0)	0 (0)	95	22.7	35	87.4		
スベリヒユ	0 (0)	0 (0)	535	189.2	30	11.7		
スギナ	0 (0)	0 (0)	35	14.1	25	30.3		
オヒシバ	5 (20.0)	20.4 (257.6)	65	3.0	25	7.9		
スカシタゴボウ	55 (275.0)	1.5 (50.0)	490	0.0	20	2.9		
タカサブロウ	10 (66.7)	12.0 (158.9)	10	0.2	15	7.6		
ノボロギク	85 (566.7)	0.6 (-)	105	0.0	15	0.0		
タネツケバナ	5 (33.3)	0.0 (-)	35	0.0	15	0.0		
オオアレチノギク	70 (466.7)	2.3 (-)	10	0.0	15	0.0		
メヒシバ	0 (0)	0 (0)	75	9.4	10	1.2		
カラスノエンドウ	0 (0)	0 (0)	5	0.0	10	0.2		
ミノフスマ	5 (-)	0.0 (-)	230	0.0	0	0		
ツメクサ	5 (-)	0.0 (-)	0	0	0	0		
その他	0 (-)	0 (-)	170	2.3	0	0		
合計	475 (35.2)	254.4 (77.9)	4725	271.6	1350	326.5		
		[10.1]		[93.7]				

注1) 生産者体系区は, 除草直前の9月10日及び10月27日, 収穫前の12月7日の積算値。その他の区は, 12月7日の値。

各調査日に40cm×25cmの枠内の雑草を採取し, 本数, 乾物重を計測した。

2) その他の草種は, コオニタビラコ, カタバミ, ホトケノザ, エノキグサ, カヤツリグサ類, アメリカアゼナ。

3) 表中の0.0は重さが小数点第3位以下のため, 計量器で計量できなかったことを示す。

4) 太陽熱区()内の値は, 無処理区対比(%), []内の値は生産者体系区対比(%). また, (-)は比較できないことを示す。

表-3 各区におけるニンジン栽培期間中の雑草発生量 (2021年)

区名等 草種名	太陽熱処理				無処理	
	本数 (本/m ²)		乾物重 (g/m ²)		本数 (本/m ²)	乾物重 (g/m ²)
オオアレチノギク	17.3	(5.9)	0	(0)	292.7	0.42
オオイヌノフグリ	3.0	(2.0)	0	(0)	152.3	0.18
オランダミミナグサ	3.3	(2.5)	0	(0)	133.0	0.12
カラスノエンドウ	332.3	(123.4)	3.41	(187.4)	269.3	1.82
カヤツリグサ	0	(0)	0	(0)	104.3	0.11
シロザ	2.0	(1.6)	0	(0)	122.7	0.16
ヒメムカシヨモギ	5.7	(0.7)	0.03	(1.4)	832.7	2.14
メヒシバ	15.0	(25.0)	0.05	(50)	60.0	0.10
ヤブツルアズキ	22.3	(151.7)	0.04	(33.3)	14.7	0.12
その他	1.3	(0.1)	0.07	(4)	884.6	1.75
合計	414.0	(14.4)	3.6	(52)	2866.3	6.92

注1) 雑草発生量は、8月31日から12月15日までの積算値。各調査日に1m×1mの枠内の雑草を採取し、本数、乾物重を計測した。

2) 調査ほ場における優占種の上位9種を記載。その他は、上記以外の雑草。

3) 太陽熱処理区の()内の値は、無処理区対比(%)。

期間中における調査枠内の雑草発生量は表-2、表-3の通りとなった。2020年は太陽熱処理区(栽培期間中の除草なし)、生産者体系区(太陽熱処理なし、もみ殻散布、栽培期間中の除草2回)、無処理区(太陽熱処理なし、栽培期間中の除草なし)の8月20日から収穫までの雑草発生量を収穫時に調査した(ただし、生産者体系区は途中の調査分も積算)。その結果、太陽熱処理区の雑草発生本数は無処理区対比35.2%、生産者体系区対比10.1%であった。また、乾物重は、無処理区対

比77.9%、生産者体系区対比93.7%であった。太陽熱処理区の雑草発生量は、他処理区より少なかった。このように、太陽熱処理により多くの雑草種で発生本数が減少していたが、一部発生本数が増加していた草種もあった。

発生が増加したノボロギクと、オオアレチノギクは、透明ポリマルチ除去後に、ほ場外から種子が風によって運ばれたため増加したと思われた。スカシタゴボウの発生は、無処理区ではハキダメギク等の他雑草が一面に繁茂して抑えられていた。太陽熱処理区では

他雑草の発生が減少したため、相対的に増加したものと思われた。生産者体系区の雑草発生量は、無処理区と比べて発生本数が多かったが、除草作業による土壌攪拌により雑草発生量が増加したのが原因と考えられた。2021年は太陽熱処理区と無処理区の雑草発生量を7~10日を目安に調査を行った。その結果は、太陽熱処理区の雑草発生本数は無処理区対比14.4%、乾物重は52.0%と前年同様に少なかった。多くの雑草は無処理区と比較して発生が少なくなるか、発生がなかったが、カラスノエンドウとヤブツルアズキは発生が多く太陽熱処理の効果が認められなかった。ほ場から抜き取ったカラスノエンドウおよびヤブツルアズキの種子はいずれも硬く大きかったことから、土壌のやや深いところから生えてくる硬実種子には太陽熱処理は効果が低

表-4 現地における収穫までの作業日程 (2020年)

作業名	太陽熱処理	生産者体系	無処理
施肥	6/29		
耕うん	6/29, 7/9, 7/17		
	7/21	8/17	8/20
畝立て	7/21	8/20	8/20
マルチ被覆	7/21	-	-
マルチ除去	8/20	-	-
ニンジン播種	8/20		
もみ殻散布	-	8/20	-
灌水	8/20~9/2		
除草(手取り)	9/7	9/7~10/28	-
収穫	11/30~12/21(内4日)		

注1) 施肥は、液肥「スーパー大国」

(成分量: N;0.36%, P₂O₅;0.10%, K₂O;0.10%)

2) 播種: 畝幅90cm, 5条, ごんべえ手押しタイプにより実施。

3) 太陽熱処理区9/7は調査枠外を除草。

表-5 現地ほ場における除草関係の作業時間 (2020年)

区名 作業内容	作業時間 (h/10a)	
	太陽熱処理	生産者体系
耕うん	1.3	1.3
畝立て	-	2.8
畝立て + マルチ被覆	3.3	-
マルチ除去	0.8	-
もみ殻散布	-	2.2
除草(手取り)	0.8	361.9
合計	6.3	368.2

注1) 作業内容及び時間は、試験担当農家聞き取りによる。

2) 畝立てとマルチ被覆はトラクターで同時に実施。

3) 除草は、手取りにより実施。太陽熱処理は、9月7日に目立った大きい草を除草。生産者体系は、9月7日から10月28日に2回、ほぼすべての草を抜き取る方法で除草。ただし、雑草発生量調査枠内を除く。

表-6 各区におけるニンジンの生育状況 (2020年)

区名	苗立率 (%)	葉長 (cm)	葉枚数 (枚)	葉重 (g/本)	根長 (cm)	根径 (mm)
太陽熱処理	58.0	58.0	8.0	50.8	16.8	52.06
生産者体系	75.5	43.1	8.4	32.0	15.7	46.26
無処理	58.0	40.2	5.6	13.6	10.5	34.00

注1) 苗立率: 9月10日(播種21日後)に調査。1条14.3粒/mとして算出。
2) 生育調査: 12月7日に0.9m×5条, 2反復のニンジンを探取し20株調査。

表-7 各区におけるニンジンの生育状況 (2021年)

区名	葉長 (cm)	葉枚数 (枚)
太陽熱処理	47.1	7.5
無処理	41.5	6.9

注1) 生育調査: 10月25日(収穫51日前)に1.0m×5条, 3反復のニンジン30株調査。

いと考えられた。カラスノエンドウの様
に太陽熱処理が効きにくい雑草もある
が、露地栽培における太陽熱処理の雑草
抑制効果は高かった。

4. 栽培期間中の除草作業 時間

栽培期間中、生産者の現地作業状況
と各作業にかかった時間は表-4, 表
-5の通りとなった。トラクターで畝
立てとマルチ張りを同時に行っている
ため、マルチ除去時間を加えても太陽
熱処理に必要な時間は4.1時間であっ
た。その後の除草作業時間は太陽熱
処理区が10aあたり0.8時間に対し、
生産者体系区は361.9時間と太陽熱
処理区の約452倍もかかっていた。
太陽熱処理後の除草にかかる時間は非
常に短くなっていた。

5. 生育や収穫に与える影響

2020年収穫時と、2021年の収穫
51日前に生育調査を行い、結果は表
-6, 表-7であった。2020年の結果か
ら、太陽熱処理区と無処理区で、苗立
率の差は認められなかった。生産者体
系区の苗立率は他の処理区より高かつ
たが、播種後に異なる条件がもみ殻散
布のみであり、その影響と考えられた。
葉長、葉数、葉重、根長、根径は太陽
熱処理区が無処理区と比べて優ってい
た。また、葉枚数を除いて、太陽熱
処理区は生産者体系区に優っていた。
2021年の葉長と葉枚数も同様に太陽
熱処理区が無処理区に優っていた。以
上より、太陽熱処理は生育に好影響を
与えていた。

2020年と2021年の収量・品質は、
表-8, 表-9に示す通りであった。総

収量(本数, 重量), 上物収量(本数,
重量, 一本重)は2年間とも、太陽
熱処理区が無処理区に優っていた。
2020年の上物収量は、太陽熱処理区
と無処理区の本数, 重量, 一本重に大
きな差が認められた。これは、雑草が
少なく、生育が妨げられない太陽熱処
理区と違い、除草されず雑草が多い無
処理区ではニンジンが光や、栄養, 水
などの生育に必要な要素を雑草と競合
したためと考えられた。実際に除草を
行っていた生産者体系区は総収量, 上
物収量ともに無処理区に優っていた。
また、2021年の無処理区は雑草調査
を7~10日間隔で行い雑草を全て取
り除いていたことも原因し、総収量,
上物収量ともに前年無処理区より優
っていた。太陽熱処理区は両年とも、
無処理区と比べて規格別割合でLサイ
ズ以上が多かった。太陽熱処理区を生
産者体系区と比べると本数はやや少な

表-8 各区におけるニンジンの収量, 品質 (2020年)

区名	総収量		上物収量			上物 本率 (%)	発生本数割合								
	本数 (本/a)	重量 (kg/a)	本数 (本/a)	重量 (kg/a)	一本重 (g/本)		3L (%)	2L (%)	L (%)	M (%)	S以下 (%)	岐根 (%)	裂根 (%)	短根 (%)	規格外 (%)
太陽熱処理	4514	810.7	2778	571.7	212.0	61.8	7.7	13.8	20.0	7.7	12.3	13.8	3.1	7.7	13.8
生産者体系	5347	600.4	3056	485.6	157.5	57.9	1.3	13.0	6.5	9.1	27.3	6.5	1.3	15.6	19.5
無処理	3889	164.6	556	73.0	136.0	14.2	0	0	3.6	3.6	7.1	3.6	0	57.1	25.0

注1) 12月7日に0.9m×5条, 2反復のニンジンを探取し調査。

表-9 各区におけるニンジンの収量, 品質 (2021年)

区名	総収量		上物収量			上物 本率 (%)	発生本数割合								
	本数 (本/a)	重量 (kg/a)	本数 (本/a)	重量 (kg/a)	一本重 (g/本)		3L (%)	2L (%)	L (%)	M (%)	S以下 (%)	岐根 (%)	裂根 (%)	食害 (%)	規格外 (%)
太陽熱処理	4841	559.4	3038	424.6	139.0	62.3	0.4	3.6	12.1	12.8	33.9	6.4	1.2	8.3	22.2
無処理	4018	446.3	2509	328.3	133.5	61.5	0.5	2.9	7.8	14.1	36.4	6.0	1.1	12.1	18.9

注1) 収穫調査は12月15日に1m×5条, 3反復のニンジンを探取し調査。平均値は四捨五入。

2) 表中の「上物収量」は、2S規格(70~100g)以上の合計収量。「発生本数割合」は、総収量本数に占める3L(300g~), 2L(230~300g), L(170~230g), M(130~170g), S以下(70~130g)及び各下物の本数割合(%)。ただし、岐根、裂根、食害は別に数えるためダブルカウントを含む。

表-10 太陽熱処理前後と収穫後の土壌無機態窒素量

年度	区名	無機態窒素量		
		処理前 (mg/100g)	処理後 (mg/100g)	収穫後 (mg/100g)
2020年	太陽熱処理	2.30	8.40	-
	生産者体系		3.70	-
2021年	太陽熱処理	7.04	18.53	0.76
	無処理		1.58	0.79

注1) 2020年, 処理前は7月17日, 処理後は8月20日に土壌を採取し分析。

2) 生産者体系=無処理

3) 2021年, 処理前は7月27日, 処理後は8月30日(無処理), 31日(太陽熱区), 収穫後は12月15日に土壌を採取し分析。

いが, 重量では多く, 規格別割合も無処理区と比べた場合と同様にLサイズ以上が多かった。

太陽熱処理区の雑草との競合以外に考えられる収量増加の理由として, 土壌中の無機態窒素量の増加が考えられた。2020年は処理区によって除草回数が違ったため, 2021年は処理区の雑草を調査毎に全て除草し, 雑草の影響を最小にした。その上で, 太陽熱処理前後と収穫時に土壌無機態窒素量の調査を行った(収穫時調査は2021年のみ)。結果は表-10であり, 太陽熱処理の前後で比べると, 太陽熱処理区の土壌無機態窒素量は2.6~3.6倍に増加していた。これにより, ニンジンの生育および肥大が良好となり, 収量の増加につながったと考えられた。

まとめ

9月に播種を行う夏ニンジンの露地栽培において, 7月下旬から8月末まで太陽熱処理を行うことで, 雑草発生量を抑制できた。その結果, 栽培期間中の除草作業時間が450分の1程度に短縮できた。太陽熱処理による地温上昇は, 土壌微生物の死滅と土壌有機物の分解促進によると思われる無機態窒素量を増加させ, ニンジンの収量増に寄与すると考えられた。以上より,

露地における太陽熱処理は雑草抑制に効果的であるだけでなく, 収量の増加にも有益な技術といえた。また, 上記の効果以外に土壌殺菌・殺虫効果も期待できるほか, 無機態窒素量が増加することから価格高騰が問題となっている肥料の削減も見込める。

問題点として, 太陽熱処理により土壌中有機物の分解が促進され, 地力の低下が懸念される。その対策として, 堆肥等の施用による地力を維持する体系構築が必要である。メリットの多いこの技術を栽培体系に取り入れることで除草にかかる労力を減らすだけでなく, 生産者の栽培の助けになれば幸いである。

参考文献など

- 江種伸ら 2008. 太陽熱を利用した農地消毒時の土中温度の変化特性. 土木学会論文集 B64(4),267-279.
- 福井俊男ら 1981. 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について IV. 露地型被覆処理による土壌伝染性病害虫に対する適用拡大. 奈良農試研報 12,109-119.
- 久野託靖ら 1995. 施設栽培チンゲンサイ根こぶ病の太陽熱利用による防除について. 関西病虫研報 37,58.
- 堀兼明 2010. 露地ほ場への雑草すき込み・太陽熱処理による雑草発芽抑制と土壌物理性改善. 農業と園芸 85(1),60-69.
- 家村浩海 1987. 太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除技術. 農林水産技術会議事務局実用化技術レポート 146,165-186.
- 井原, 啓貴ら 2018. 太陽熱土壌消毒の高地温条件下における土壌中の有機態窒素無

機化およびその予測. 日本土壌肥科学雑誌 89(2),136-146.

- Katan, J. et al. 1976. Solar Heating by Polyethylene Mulching for the Control of Diseases Caused by Soil-Borne Pathogens. *Phytopathology* 66, 683-688.
- 片山勝ら 2000. 秋冬ニンジン作付前の太陽熱処理による雑草抑制の解明. 農研センター 15, 44-45.
- 片山勝ら 2003. 透明ポリエチレンフィルムの土壌表面被覆による太陽熱処理の雑草防除効果. 中央農研研報 3, 81-87.
- 小玉幸司・福井俊男 1982. ハウス密閉処理による太陽熱土壌消毒法について V. イチゴ萎黄病防除に対する適用. 日植病報 48, 570-577.
- 桑田主税ら 2000. 太陽熱を利用した畑雑草の防除. 千葉農試研報 41,35-44.
- 信岡尚・細田陽子 1992. 露地太陽熱による雑草抑制. 奈良農試研報 23,50-51.
- 農研機構 2015. 陽熱プラス実践マニュアル.
- 越智直ら 2015. 太陽熱土壌消毒による *Haematonectria ipomoeae* の密度低減効果. 関東東山病害虫研究会報 62, 9-12.
- 白木己蔵 2007. 宮崎方式の太陽熱処理の効果と普及. 植物防疫 61(2),14-17.
- 下高敏彰ら 2016. 土壌の太陽熱消毒法の効果を示す陽熱負荷指数のモデル化. 生物と気象 16, 86-93.
- 鈴木良治ら 1983. 太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除. 関西病虫研究会報 29, 49.
- 竹川昌宏ら 2003. 雑草種子の熱による死滅と熱水土壌消毒の抑草効果. 雑草研究 48, 20-21.
- 田中寛ら 1996. 太陽熱利用によるマメハモグリバエの蛹の防除. 関西病虫研報 38, 33-34.
- 田中慶ら 2021. メッシュ農業気象データを利用した太陽熱土壌消毒期間の有効積算地温予測法とスマートフォンアプリの開発. 農業情報研究 30(3), 155-166.
- 山口純一郎ら 1987. 施設栽培のナス青枯病に対する太陽熱利用の防除効果. 九病虫研究会報 33, 45-47.