

太陽熱利用土壌消毒とネットトンネルおよびBT剤を組み合わせた アブラナ科野菜の環境保全型露地栽培体系

萩森 学・尾島一史*・長坂幸吉**・安部順一郎*・亀野 貞*

Key words : Cruciferous vegetables, organic farming systems, solarization of soil, open culture with insect-proof netting

目 次

I 緒 言	113
II 材料および方法	114
III 結 果	116
IV 考 察	118

V 摘 要	121
謝 辞	121
引用文献	121
Summary	123

I 緒 言

近畿、中国の中山間地域では、水田転換畑などで、一筆の圃場に多種類の野菜を露地栽培する、いわゆる多品目小規模野菜生産が多く行われている。ここで生産された野菜は市場出荷されることは比較的少なく、産直や地域の直売所などで販売される場合が多い。こうした直売所は近年たいへん増加しており、直売所での野菜の販売額も相当拡大していると考えられる¹⁴⁾。直売所での野菜販売は農家の収入源としても有力なものであり、これを振興していくことは地域農業の活性化、ひいては地域社会の活性化に繋がると考えられる。

産直や直売所では消費者に直接販売するため生産者は消費者ニーズに敏感であり、近畿、中国の中山間地では環境保全型農業、特に無農薬・無化学肥料野菜生産に取り組む傾向が強い⁷⁾。また近畿、中国、四国地方の全府県や一部の市町村では独自の農産物認証制度を設け環境保全型農業を支援している^{8, 9)}。しかしながら、春から秋にかけては雑草や害虫の多

発時期であり、化学農薬や除草剤を用いずに、十分な品質、収量を得ることは困難である。人手による除草や虫取りを行っている生産者もいるが、多大な労力と時間を要している。

本研究の目的は、露地における野菜の多品目小規模栽培向けの、化学農薬を可能な限り削減できる栽培体系の構築である。また生産物は、有機農産物の日本農林規格（有機 JAS）や特別栽培農産物等、種々の農産物認証制度の認証基準に適合していることが望ましく、本研究では農薬の使用および施肥については有機 JAS の栽培基準に準拠した。

多品目小規模野菜生産では、果菜類、葉菜類、根菜類、芋類、豆類など数十種以上の野菜が栽培されている。これらの栽培形態は多様であり、分類学上も多岐にわたり、害虫の種類も多様である。その中で、キャベツ、ハクサイ、ダイコン、カブ等のアブラナ科野菜は最も広く栽培されており、モンシロチョウ、ヨトウムシ、カブラハバチ、キスジノミハムシ、ダイコンサルハムシ、アブラムシ類等、害虫の種類のも多い野菜である⁵⁾。アブラナ科に属する野菜の種類は多いが、被害を及ぼす害虫の種類は共

(平成18年7月12日受付, 平成18年10月25日受理)

研究調整役

*環境保全型野菜研究チーム

**現中央農業総合研究センター

通であり、本研究はアブラナ科野菜を対象とした。中でも最も広く栽培されているキャベツ、ダイコン、ハクサイ、カブを実証試験に供試した。体系の技術要素としては、零細な経営規模でも導入可能な低コストであり、比較的軽い労力で実施でき仕組みも単純で高齢者や女性にも容易に取り組める、太陽熱利用土壌消毒と防虫ネットを用いたトンネル栽培を採用した。

II 材料および方法

1 試験区の設定

近畿中国四国農業研究センター野菜部青野圃場において16畝(各1.2m×10m)を用いた。うち8畝を処理区とし、栽培前の太陽熱利用土壌消毒および栽培中のネットトンネル被覆を行った。他の8畝は対照区とし、太陽熱利用土壌消毒およびネットトンネル被覆は行わずに栽培した。基肥の施肥と畝立ては処理区では太陽熱利用土壌消毒の直前に行ったが、対照区は播種・定植の10日前～直前に行った。その他は両区とも同じように管理した。第1図に圃場図を示す。



第1図 圃場地図

長方形は畝を表し、その中の数字は畝番号を表す。
 畝幅：1.2m、畝長さ：10m、畝間80cm、畝高は20cm
 1～8番の畝(処理区)と9～18番の畝(対照区)の間隔は8m
 ボーダー1、2は処理区と同様に太陽熱利用土壌消毒とネットトンネル設置を実施し、ボーダー3、4は対照区と同様に管理した。

2 基肥の施肥、畝立てと太陽熱利用土壌消毒

基肥は窒素施用量が20kg/10aとなるよう100%有機質肥料である‘有機アグレット6, 7, 4’(N 6%, P₂O₅ 7%, K₂O 4%, Mg 1%, 有機態窒素率100%, 朝日工業)を、また蛭殻石灰である‘セルカ’を100kg/10a施用した。処理区は2005年8月1日に基肥を施肥し畝立て後、十分灌水し、畝を透明マルチフィルム‘ハイデンマルチ#20’(厚さ0.01mm, 柴田屋加工紙(株))にて被覆することにより太陽熱利用土壌消毒を開始した。畝の地温を記録するため処理区3箇所および対照区2箇所温度測定・記憶装置‘おんどとり’(株)テイアンドデイ)を用いて、畝表面、および畝表面下10cm, 20cm, 30cmに設置し30分間隔で温度推移を測定した。太陽熱利用土壌消毒は、播種あるいは定植の当日まで継続した。すなわちキャベツおよびダイコン栽培畝では9月1日まで、ハクサイ栽培畝では9月12日まで、カブ栽培畝では9月16日まで継続した。対照区の基肥施肥・畝立て時期はキャベツとダイコンを栽培した4畝は8月22日、ハクサイとカブを栽培した4畝は9月12日である。

太陽熱利用土壌消毒については2004年にも、近畿中国四国農業研究センター野菜部青野圃場において同様に実施し、地温を計測、記録した。2004年には施肥畝立てを8月3日に行い、太陽熱利用土壌消毒は8月4日から開始し9月3日に終了した。

3 供試品種

供試した品種は、キャベツは‘ブラディボール’および‘金系201号’(両方ともサカタのタネ(株))、ダイコンは‘YRくらま’(タキイ種苗(株))および‘役者横丁’(日本アグリ(株))、ハクサイは‘無双’(タキイ種苗(株))および‘大福’(トーホク種苗(株))、カブは‘スワン’および‘京千舞’(両方ともタキイ種苗(株))である。

4 播種・育苗・定植

キャベツは8月2日に播種し、育苗後、9月1日に定植した。ダイコンは9月1日に直接播種、ハクサイは8月19日に播種し、育苗後9月12日に定植、カブは9月16日に直接播種した。

キャベツとハクサイの育苗は、近畿中国四国農業

研究センター上野圃場内の、開口部を防虫ネットで被覆したパイプハウス内で行った。128穴セルトレイを用い、培土は‘ヤンマーナプラ養土Sタイプ’（ヤンマー農機株）を用いた。播種したセルトレイはベンチ上に置いた。追肥として、液肥‘キッポ青’（N 5%, P₂O₅ 6%, K₂O 4%, エーザイ生科研）の500~1,000倍液を3~4回施用した。育苗中に農薬は散布しなかった。

5 耕種概要

畝幅は1.2m, 畝の長さは10m, 畝間80cm, 畝高は20cmとした。どの品目も処理区と対照区各2畝の計4畝ずつ栽培し、各畝は2条植えとし各条に1品種ずつ栽培した。条間は60cmとした。株間はダイコンは35cm, キャベツは40cm, ハクサイは50cmとした。カブは処理区は10cm, 対照区は15cmとした。ダイコンとカブは、処理区では1粒ずつ播種し間引きは行わなかった。対照区では3粒ずつ播種し、本葉が3~4枚展開した時期に間引きした。

6 ネットトンネルの設置

播種あるいは定植直後に0.6mm目合いの防虫ネット‘サンサンネット’（日本ワイドクロス株）および支柱‘ダンポール’（長さ2.4m, 宇部日東化成株）を用い、畝全体を覆うようにトンネル被覆した。支柱はトンネルの両端と、中間部に1m間隔で立てた。トンネルの高さは最高部で畝表面から約1mとした。ネットの裾は土に埋め込み隙間がないようにした。トンネル被覆は、追肥時に一時的に開放した以外は、収穫まで維持した。

7 農薬散布と追肥

有機JASで使用が認められているBT水和剤である‘ゼンターリ顆粒水和剤’（住化武田農薬株）を、処理区、対照区とも9月16日および10月3日に全面散布した。キャベツ、ダイコン、カブには同剤の1,000倍希釈液、ハクサイには2,000倍希釈液を用いた。追肥については10月3日にキャベツ、ダイコン、ハクサイに農薬散布に先立って‘有機アグレット6, 7, 4’を窒素換算9kg/10a施用した。9月16日の農薬散布は、処理区ではネットの上から散布した。10月3日には処理区では一時的にネットト

ンネルを開放し、追肥および農薬散布の後、直ちに再度トンネル被覆しネットの裾を土に埋め込んだ。処理区、対照区とも、これ以外の農薬散布は行っていない。

8 収穫調査

収穫は、キャベツは10月31日と11月9日、ダイコンは10月31日、カブは11月9日、ハクサイは11月21日に行った。

収穫したキャベツとハクサイは外葉を除去し、結球重、球径、球高を測定した。また、球の虫害の程度を無傷のものを0、軽度のものを1、甚だしいものを2と3段階に評価した。虫害程度の軽いものは、出荷可能な状態まで調製した。調製したものを含め、商品価値があると判定したものを可販球とした。調製後の可販球についても結球重、球径、球高を測定した。

ダイコンは根部の重量、長さ、首部直径を測定し、根部の肌の状態を無傷のものを0、少し傷の有るものを1、傷が多く商品性無しと判定されたものを2と評価した。さらに、肌の状態が0で分岐や裂根、食害等の障害のないものをA品、肌の状態が1で分岐等の障害のないものをB品とし、A品およびB品を可販株とした。

カブは茎葉部の虫害の状態、茎葉部重量、根部の重量、最大直径、高さ、肌の状態、裂開や分岐等の障害の有無を測定・評価した。根部の肌の状態は、無傷のものを0、少し傷の有るものを1、傷が多く商品性無しと判定されたものを2と評価した。葉の虫害程度は、虫害がほとんど無いものを0、やや目立つものを1、甚だしいものを2と評価した。根部の肌の状態が2のものおよび裂根や分岐等の障害のあるものを不可販株とし、それ以外を可販株とした。また、根部の肌の状態が0のもので葉の虫害程度が1以下のものをA品、根部の肌の状態が1のものあるいは葉の虫害程度が2のものをB品とした。可販株中のA品の割合をA品率とした。

9 土壌分析

施肥前（7月29日）、太陽熱利用土壌消毒終了直後（キャベツおよびダイコン栽培畝では9月1日、ハクサイ畝では9月12日、カブ畝では9月16日）お

よび収穫直後（キャベツ，ダイコンおよびカブ栽培畝では11月9日，ハクサイ畝では11月21日）の3回，各畝の3箇所から約10cmの深さまでの土を採取し，これを混合して一つのサンプルとし，無機態窒素含量を測定した。

土壌試料中の無機態窒素含量の定量分析は以下のように行った。未風乾の試料土壌3gに30mlの10%塩化カリウム溶液を加え30分間振盪し，しばらく静置した後，遠心分離を行った。得られた上清について，インドフェノール法でアンモニア態窒素を，ブルシン硫酸法で硝酸態窒素を定量した。

Ⅲ 結 果

1 太陽熱利用土壌消毒中の地温の推移

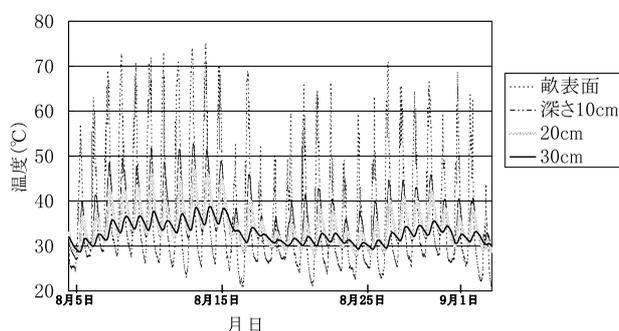
2004年の8月4日から9月3日まで実施した太陽熱利用土壌消毒中の温度推移を第2図に示す。深さ10cmでは8月前半は日中50℃を超え，後半でも40℃以上に達したが20cmでは40℃以上になる時間は短くなり30cmでは40℃に達しなかった。第1表に太陽熱利用土壌消毒中の土壌表面および各深さの地温のデータを，第2表に試験期間中の綾部市の気象データを示す。太陽熱利用土壌消毒による地温上昇は2005年は2004年に比べ低かった。2005年には処理区と対照区の地温を比較したが，地温は処理区が対照区をかなり上回ることを確認した。

2 本圃での栽培中の生育状況と雑草および害虫発生状況

太陽熱利用土壌消毒区では2004年，2005年の両年も雑草は対照区に比べ顕著に抑制された（第3図）。

害虫については，対照区では発芽直後，あるいは定植直後から，ダイコンサルハムシ，ヨトウムシ，モンシロチョウ幼虫等の害虫による食害が発生した。ネットトンネル被覆した処理区では，9月中旬および10月初頭にごく一部の株にチョウ目昆虫の幼虫によると思われる食害を観察したので，その都度BT剤を散布した。散布の後は食害は収束した。

生育については，全品目，全品種とも，初期から収穫期まで一貫して処理区の方が対照区より顕著に



第2図 太陽熱利用土壌消毒中の畝表面，深さ10cm，20cm，30cmの地温の推移
2004年8月4日測定開始，9月3日終了

第1表 太陽熱利用土壌消毒中の土壌表面および各深さの地温

実施年		畝表面	深さ10cm	20cm	30cm
2004	最高温度(°C)	75.0	52.7	46.8	38.8
	40°C以上の累積時間 ¹⁾	479	305	157	0
	50°C以上の累積時間 ¹⁾	270	26	0	0
2005	最高温度(°C)	54.5	43.4	39.0	37.6
	40°C以上の累積時間 ¹⁾	144	40	0	0
	無処理区の40°C以上の累積時間 ¹⁾	94	0	0	0

注) 太陽熱利用土壌消毒累積時間の算定期間：2004年；8月4日～9月3日，
2005年；8月1日～8月31日

第2表 試験期間中の綾部市の気象データ

	積算日射 MJ/m ²	日照時間 Hour	気温平均 °C	日最高気温 °C	日最低気温 °C
2004年8月	16.7	4.8	26.7	32.1	22.6
2005年8月	16.2	4.2	27.1	32.9	22.9
2005年9月1日～12日	13.3	3.2	24.6	31.3	22.5

測定場所：綾部市上野町の近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点内の気象観測施設
期間内の各日の積算日射，日照時間，平均気温，最高気温，最低気温の平均値を示す

旺盛であった。

ダイコンは処理区では1粒播きしたため、欠株が多少あった。カブでは、処理区では1粒まきで株間を標準より狭くしたが、発芽率がよくやや過密となった。

ダイコンにおいて、対照区で、栽培終期（10月下旬）に一部の株の葉にウイルス病によると思われるモザイク症状が出た。処理区ではモザイク症状の発

生は全く見られなかった。

3 収量、収穫物の大きさおよび品質

第3, 4, 5, 6表にキャベツ、ハクサイ、ダイコン、カブの収穫調査結果を示す。収量はキャベツ、ダイコン、ハクサイともにどの品種でも処理区が対照区を50%程度上回った。

キャベツ、ハクサイにおいて、処理区では球への

第3表 キャベツの処理区および対照区における収量と品質

品種名	区	収穫球数	結球重(kg)	虫害程度 ¹⁾	可販球数	可球販率(%)	可販球収量(kg/a)	可販球重(kg)
フラテンボール	処理区	46	1.5	0.17	45	98	555	1.5
	対照区	38	1.0	1.39	15	40	137	1.1
金系201号	処理区	47	1.3	0.04	45	96	502	1.3
	対照区	41	0.9	1.06	15	40	116	1.0

注) 虫害程度 0：無傷, 1：少し, 2：甚だしい

定植日：9月1日, 収穫日：10月31日, 11月9日

第4表 ハクサイの処理区および対照区における収量と品質

品種名	区	収穫球数	球重(kg)	虫害程度 ¹⁾	可販球数	可販球率(%)	可販球収量(kg/a)	可販球重(kg)
大福	処理区	38	3.7	0.5	32	84	701	3.3
	対照区	37	2.5	1.8	5	14	116	1.8
無双	処理区	34	4.3	0.7	29	85	712	3.5
	対照区	33	3.0	1.6	11	32	264	2.4

注) 虫害程度 0：無傷, 1：少し, 2：甚だしい

定植日：9月12日, 収穫日：10月31日, 11月21日

第5表 ダイコンの処理区および対照区における収量と品質

品種	区	収量(kg/a)	根重量(kg)	根長(cm)	首部直径(cm)	肌の状態 ¹⁾	A品率 ²⁾ (%)	B品率 ²⁾ (%)	可販率 ²⁾ (%)
YRくらま	処理区	714	2.0	43	8.2	0.18	76	14	90
	対照区	536	1.3	32	7.3	0.98	32	18	50
役者横丁	処理区	660	2.0	41	8.3	0.09	78	10	88
	対照区	426	1.0	29	6.7	0.83	39	22	61

注1) 肌の状態 0：無傷, 1：少し傷有り, 2：傷多く商品性無し

2) A品は肌の状態が0で分岐等の障害のないもの, B品は同じく肌の状態が1のもの, 可販率はA品率とB品率の和。

播種日：9月1日, 収穫日：10月31日

第6表 カブの処理区および対照区における収量と品質

品種名	区	収量(kg/a)	葉の虫害程度 ¹⁾	根部重量(g)	根部の肌の状態 ²⁾	裂根数	可販株数	可販株率(%)	A品率 ³⁾ (%)
スワン	処理区	300	0.04	275	0.31	4	125	93	76
	対照区	194	2.00	245	1.28	26	40	42	0
京千舞	処理区	355	0.00	325	0.04	4	126	96	99
	対照区	251	1.95	293	0.77	21	55	53	8

注1) 葉の虫害程度 0：ほとんどなし, 1：やや目立つ, 2：甚だしい

2) 根部の肌の状態 0：無傷, 1：少し傷有り, 2：傷多く商品性無し

3) A品は肌の状態が0で葉の虫害程度が1以下のもの。

播種日：9月16日, 収穫日：11月9日

虫害は非常に少なく、可販球率はキャベツで95%以上、ハクサイで85%程度であった。一方、対照区では虫害が甚だしく(第3図)、可販球率は低く、可販球の中でも食害葉を除去調製したため小球となり商品等級は低いと思われるものが多かった。ハクサイでは処理区で軽いべと病発症株が対照区よりもやや多く認められた。

ダイコンとカブでは処理区と対照区での最も顕著



第3図 キャベツの処理区と対照区での雑草の発生と虫害の状況



上：ダイコン 'YRくらま'
下：カブ 'スワン'

第4図 処理区及び対照区のダイコンとカブの根部の肌の状況

な差は根部の肌の状態であった。対照区ではキスジノミハムシの幼虫の食痕と思われる傷があり商品性が無いと判定されたものが多かったのに対し、処理区では傷のあるものは非常に少なかった(第4図)。その結果処理区と対照区で特にA品率に大きい差が出た。

またダイコンでは、対照区に比べ処理区の方が平均の根重、根長、根径とも顕著に上回った。

カブでは対照区で根部が分岐する等の障害株も多数見られたのに対し、処理区では障害株は少なかった。カブでは茎葉も商品となるが対照区では食害が甚だしかったのに対し、処理区ではほとんど食害がなかった。その結果、A品率は処理区と対照区で大きい差となった。

ダイコンでも若干の株で分岐等の障害が発生したが、その発生率には処理区と対照区で有意差は認められなかった。

4 土壌分析結果

第7表に基肥施肥前、播種・定植直前(太陽熱利用土壌消毒直後)、収穫直後の各区の土壌中の無機態窒素含量を示す。基肥施用直前の無機態窒素濃度(mg/100g乾土)は処理区0.8、対照区1.6と低い値であった。播種・定植直前では、ハクサイとカブの処理区ではそれぞれ23.7、21.7と高い値を示したが、その他は3.6~8.0であった。収穫直後では3.7~10.0であった。

IV 考 察

1 太陽熱利用土壌消毒の効果

太陽熱利用土壌消毒中の地温の上昇程度は2005年

第7表 土壌中の無機態窒素濃度の推移(単位mg/100g乾土)

品目	区	基肥施肥直前	播種・定植直前	収穫直後
キャベツ	処理区	0.8	6.7	6.6
	対照区	1.6	8.0	4.9
ハクサイ	処理区	0.8	23.7	10.0
	対照区	1.6	3.6	5.5
ダイコン	処理区	0.8	6.7	6.8
	対照区	1.6	8.0	5.4
カブ ¹⁾	処理区	0.8	21.7	8.1
	対照区	1.6	5.9	3.7

施肥量：基肥窒素20kg/10a，追肥9kg/10a

注) カブ区には追肥は無し。

は2004年に比べかなり低かった。太陽熱処理による地温上昇は日最高気温、日射量、日照時間と相関関係があることが報告されている^{11, 13)}。2004年8月と2005年8月の気象データ(第2表)を比べると気温は2005年の方がやや高いが日照時間および日射量は2004年の方が上回っていた。

しかし、雑草の抑制効果は2005年でも十分なものであった。従って、太陽熱利用土壌消毒の雑草抑制効果については、夏期の平均日射量が綾部市と同程度以上の地域においては、年次変動に関わりなく高いと推察された。

また、ダイコンとカブの試験において根部への土壌中の害虫による食害が処理区で顕著に抑制されたことは、太陽熱利用土壌消毒により土中のキスジノミハムシ幼虫等の害虫が死滅したこととネットトンネルにより成虫の飛来、産卵を防ぐことが出来たことによると考えられる。

土壌伝染性病害の防除効果については、対照区においても土壌伝染性病害が発生しなかったので本試験では不明である。ナス半枯れ病菌など数種の土壌伝染性病原菌について、湛水条件で高温下においたときの死滅に要する時間が、40、45、50、55℃の各温度について調べられており、40℃では死滅までに8~14日間、50℃では2日間を要すると報告されている¹¹⁾。

アブラナ科野菜の重大な土壌伝染性病害である根こぶ病については清水ら(1987)¹³⁾は菌の死滅には40℃では230時間が必要であると、石灰窒素の併用が防除効果を高めることを報告している。また堀内(1983)¹⁾は石灰窒素を80kg/10a施用した場合、40℃35時間で発病抑制効果が出ると報告している。

2004年の太陽熱利用土壌消毒では40℃以上の累積時間は地中10cmでは305時間であったが20cmでは157時間、30cmでは40℃に達しなかった。上記の報告を適用すると病原菌は地中10cmでは死滅したが、20cmでは完全には死滅しておらず、30cmではほとんど影響を受けていないと推察される。また2005年の処理では地中10cmでも40℃以上の累積時間は40時間しかなく20cm以下では40℃に達していない。

一方、各種の土壌伝染性病原菌が地中どのくらいの深さまで存在するかが調べられており、例えば根こぶ病菌などは地表から15cm以内に存在するが、軟

腐病菌などは35cmの深さまで存在することが報告されている⁴⁾。また、坂本ら(1986)¹¹⁾は太陽熱処理により深さ15cm以内ではハクサイ根くびれ病菌がほぼ完全に死滅し、根くびれ病が完全に防除できたことを報告している。

これらのことから、本体系における太陽熱利用土壌消毒では、土壌伝染性病害の防除については根こぶ病菌など比較的浅いところに存在する種には効果は期待できるが年次変動の影響を受け、軟腐病など深部にまで分布する種には防除効果は期待できないことが推察される。

2 土壌中の無機態窒素濃度の推移

本体系では太陽熱利用土壌消毒の前に基肥の施肥を行う。さらに、本試験では、肥料は有機質肥料のみを用いたので、太陽熱利用土壌消毒中に基肥として施用した有機質肥料が何らかの影響を受けることがないか、通常通りの施用量でよいか問題となる場所である。また、基肥、追肥共に、窒素施用量は化成肥料を用いる慣行に準じた施用量としたが、栽培全期間を通じて作物に肥料成分の過不足が生じないかも問題となる場所である。

太陽熱利用土壌消毒直後、播種・定植直前の処理区の窒素含量は、キャベツ畝とダイコン畝では対照区と同程度であり、太陽熱利用土壌消毒中に大きい変動は無かったと推察された。しかしハクサイ畝とカブ畝では基肥として施用した窒素の全量が無機化したという結果であった。土壌試料採取期日はキャベツ、ダイコン畝は9月1日、ハクサイ畝は9月12日、カブ畝は9月16日であったので、9月1日から9月12日の間に無機化が急速に進んだと考えられる。その原因として9月1日以後、気温および地温の低下(第2表)により土壌微生物が活性化したことなどが推察されるが現段階では不明である。

栽培全期間を通じて成分欠乏の徴候は認められず、収量も満足すべきものであり、収穫直後の土壌中の残存窒素濃度も6~8mg/100g乾土であったことから、施肥量は十分であったと考えられる。

3 ネットトンネルの効果

防虫ネットにはさまざまな目合いの細かさのものがある。長坂ら(2004)⁶⁾は目合いがそれぞれ1mm、

0.8mm, 0.6mm, 0.4mmの4種類のネットを用い、種々の害虫の通過率を比較した結果、アブラナ科野菜の害虫防除には0.6mm目合いのネットが最適であると結論している。これに基づき本体系では0.6mmの防虫ネットを用いることとした。また、熊倉ら (2005)³⁾はネットトンネルを設置する際、ネットの裾を支柱にクリップ留めする方法では害虫の浸入を十分抑制できず、裾を土に埋め込む方が害虫浸入抑制効果が高いことを報告しており、本体系では後者を採用した。

ネットトンネルの害虫侵入阻止効果は大きかった。長坂ら (2004)⁶⁾はヨトウムシ類は成虫は0.6mm防虫ネットを通過できないが、ネット上に卵を産み付け、孵化した幼虫が容易にネットの網目を通過し侵入することを指摘している。処理区において9月中旬と10月初頭にヨトウムシ類などのチョウ目昆虫による外葉の食害が発生したが、食害発見後すみやかにチョウ目昆虫に有効なBT剤を散布することにより被害の拡大を阻止することができた。本剤の一度目の散布はトンネルの上からネット越しに行った。熊倉ら (2005)³⁾はネット越しの散布は効率が低く防除効果が不十分になると指摘しているが、本試験では十分効果的であった。これは防虫ネットの素材が改良され編み糸が細くなって水の透過性が向上したことによると考えられる。

チョウ目昆虫以外で、0.6mmの防虫ネットで防ぎきれないアブラナ科野菜の害虫としてはアブラムシ類がある。長坂ら (2004)⁵⁾はコマツナを0.6mm目合いのネットで被覆して栽培したとき無被覆栽培に比べ、ニセダイコンアブラムシの発生頭数は0.9%、その他のアブラムシ類は4.02%に抑制されたが完全には防除できないことを報告している。本試験の対照区で発生したダイコンのモザイク症状はアブラムシに媒介されたウイルス病によるものと思われ、本圃場にアブラムシが発生していたことを示している。処理区でアブラムシの発生は認められず、モザイク症状も発生しなかったことはアブラムシの侵入を実質的に防ぐことができたことを示唆している。熊倉ら (2003, 2004)^{2, 3)}はネットトンネル栽培で、栽培前に太陽熱利用土壌消毒を行うと対照区に比べアブラムシの被害が少なくなることを報告している。本試験においても処理区でアブラムシの被害がなか

ったことは、太陽熱利用土壌消毒がアブラムシ防除になんらかの寄与をしている可能性を示唆している。

ハクサイでべと病が対照区よりも処理区で多く発生した理由は0.6mm目合いの防虫ネットトンネルによる通気性の低下¹²⁾ではないかと考えられる。改善策としては栽植密度をより疎とする、ネットトンネル被覆を結球完成時頃に取り除くなどが考えられる。

供試した4種全ての作物において処理区の方が対照区よりも栽培初期から旺盛な生育を示した理由として、対照区では栽培初期から害虫の食害を受けるとともに雑草との競合があったこと、処理区ではネット被覆により温度、湿度が保たれるとともに防風効果により植物体への風当たりが穏やかであったことなどが考えられる。また、ハクサイとカブでは定植・播種時の土壌中の無機態窒素含量が処理区の方が対照区よりも顕著に高かったことも一因と考えられる。

4 収量と品質について

キャベツ、ダイコン、カブの処理区での収量と品質は、各品種の本来の能力を十分発揮したものであり満足すべきものである。ハクサイについてはべと病発生により、やや不満な結果であり改善の余地がある。

5 本体系の適用範囲

本報ではキャベツ等4品目のみを供試したが、本体系はコマツナ、ミズナ、チンゲンサイ等、ほとんどのアブラナ科野菜に適用できると考えられる。ブロッコリー、カリフラワー等、草丈が高くなるものについても、トンネルの高さをより高くする、あるいは栽培後期に害虫が非常に少なくなる時期になればネットを除く等により、適用できると考えられる。

6 今後の問題

1) 間引きについて

ダイコンやカブなど直播するものは欠株を防ぎ生育の揃いを良くするため3粒播きなどし、適当な時期に間引きすることが行われている。ネットトンネル栽培ではネットトンネルをできるだけ開放しない

ことが望ましく、本試験では1粒播きし間引きを省略したが、ダイコンでは欠株が起こりカブでは逆にやや過密となった。シードテープの利用あるいは一時的にネットを開放し間引きを行うことも選択肢と考えられる。

2) 追肥について

本試験では、収穫後土壌表面に追肥として施用した有機質肥料の粒が残存していた。作物に肥料の不足の徴候は無かったことから、今回の追肥施用量はやや過剰であったと示唆される。有機質肥料のみを用いる場合の追肥の時期、量、方法について検討の余地がある。

3) ハクサイについて

ハクサイについてはネットトンネル被覆によりべと病などの病害が助長される傾向があり検討の余地がある。

4) チョウ目昆虫以外の害虫の対策

本試験では問題とならなかったが、アブラムシ、ハダニ等、0.6mm防虫ネットでも防ぎきれないチョウ目昆虫以外の害虫が発生した場合、有機 JAS で使用が認められている農薬には有効なもの無く、これらに対する環境保全型防除技術の開発が望まれる。

V 摘 要

有機物由来成分100%の肥料を用い、施肥畝立て後、夏期に約1カ月の太陽熱利用土壌消毒を行い、その後播種・定植し直ちに0.6mm目合いの防虫ネットでトンネル被覆し、原則として収穫までトンネル被覆を維持し、ヨトウムシ等チョウ目昆虫の害虫が発生した場合はBT剤散布で対処する、キャベツ等アブラナ科野菜の露地栽培体系を構築した。本体系に則ってキャベツ、ハクサイ、ダイコン、カブを栽培し、農薬はBT剤であるゼンターリ顆粒水和剤を2回散布するのみで、可販株率が、キャベツでは96%以上、ハクサイでは84%以上、ダイコンでは約90%、カブでは93%以上という結果を得た。ハクサイでは処理区で対照区に比べべと病発生がやや多かった。

処理区では対照区に比べ、雑草の発生と地上部及び地下部の虫害が顕著に抑制された。また処理区では対照区に比べ、供試した4種の作物全てが顕著に旺盛な生育を示した。

謝 辞

本研究において貴重な助言をいただくとともに育苗あるいは土壌分析を担当いただいた近畿中国四国農業研究センター環境保全型野菜研究チーム長、熊倉裕史博士ならびに同センター産学官連携推進リーダー、池田順一博士、さらに、本論文をまとめるに当たり適切なる助言をいただいた同センター研究管理監、山縣真人博士に深く感謝します。

引用文献

- 堀内誠三 1983. 太陽熱利用による根こぶ病の土壌消毒. 植物防疫37 (8): 323-326.
- 熊倉裕史・長坂幸吉・中川 泉・藤原隆広・田中和夫 2003. 露地栽培のコマツナおよびハクサイに対する防虫ネットトンネルと太陽熱処理の併用効果. 近中四農研報 2: 27-39.
- 熊倉裕史・長坂幸吉・藤原隆広・吉田祐子 2005. 初冬どりハクサイでの防虫ネットトンネルと太陽熱処理の併用による虫害制御. 近中四農研報 4: 1-14.
- 松田 明 1999. 土壌病害と耕うん. 農業技術大系土壌施肥編第5-①巻 畑: 133-137.
- 長坂幸吉・熊倉裕史・田中和夫・中川 泉・尾島一史 2003. 野菜栽培での防虫ネットの効果. 植物防疫. 57 (4): 169-173.
- 長坂幸吉・熊倉裕史 2004. 防虫ネットの被覆栽培におけるネット目合い選定の目安. 野菜園芸技術 31 (5): 18-22.
- 尾島一史・田中和夫・長坂幸吉・安部順一郎 2004. 中山間地域における減・無農薬野菜生産の現状と課題. 近畿中国四国農研 4: 54-61.
- 尾島一史・萩森 学・長坂幸吉・安部順一郎 2005. 地域独自の農産物認証制度の意義. 近中四農研農業経営研究11: 27-39.
- 尾島一史・萩森 学・長坂幸吉・安部順一郎・

- 田中和夫 2005. 市町村独自の農産物認証制度による認証野菜の販売方策. 農林業問題研究 41 : 141-144.
- 10) 岡山健夫 1999. 太陽熱土壌消毒. 農業技術大系土壌施肥編第5 - ①巻 畑 : 213-216の1の4
- 11) 坂本 庵・神納 浄・相野公孝・吉倉淳一郎・塩飽邦子 1986. 露地太陽熱利用によるハクサイ土壌病害防除 第1報 フィルムマルチ条件下における殺菌有効地温の解明. 兵庫農総セ研報34 : 63-68.
- 12) Shimazu, T, H. Hamamoto, T. Okada, T. Ikeda and K. Tanaka 2005. microclimate and human thermal comfort in pipe greenhouses with insect- proof screens for vegetable cultivation with restricted use of chemical pesticides. J. Agric. meteorol. 60 (5) : 813-816.
- 13) 清水寛二・鈴木良治・高士祥助・川田 和 1987. 太陽熱利用による水田転換畑露地野菜の土壌病害防除に関する研究 (第2報) アブラナ科野菜の根こぶ病に対する防除効果. 滋賀農試研報28 : 7-21.
- 14) 田中 満 2004. 全国・農産物直売所の実勢と将来. (財) 都市農山漁村交流活性化機構編, 全国農産物直売所ガイド. (財) 都市農山漁村交流活性化機構, 東京. 254-277.

Establishment of an Open Culture Organic Farming System for Cruciferous Vegetables Combining Solarization of Soil, Tunnels of an Insect Proof Net and *Bacillus thuringiensis* Formulations

Manabu HAGIMORI, Kazushi OJIMA*, Koukichi NAGASAKA**,
Junichiro ABE* and Tadashi KAMENO*

Summary

An open culture organic farming system for Cruciferous vegetables was established. In the system, ridges applied with organic manure are solarized at the beginning. Then seeds or seedlings are sown or planted. Just after that, each ridge is covered with a tunnel of an insect proof net of which mesh size is 0.6mm square. The net tunnel is maintained until harvesting. When insect pests such as butterflies or moths break into the net tunnel, they are controlled by spraying a microbial insecticide 'Zentari' (Sumitomo Chemical Takeda Agro Co., Ltd) containing living spores of *Bacillus thuringiensis* and BT toxin, use of which is allowed by Japanese agricultural standards for organic agricultural products. Cabbage, chinese cabbage, japanese radish and turnip were cultured under the system. The microbial insecticide was sprayed two times. No other pesticide or herbicide was used. Percentages of marketable products in total harvest for cabbage, chinese cabbage, japanese radish and turnip were no less than 96%, 84%, 90%, 93%, respectively. Occurrences of weeds and injury by pests of both underground and aboveground were little in the system while they were serious in the control. Further, all four crops grew more vigorously in the system than in the control.

Senior Research Coordinator

* Research Team for Sustainable Vegetable Production

** National Agricultural Research Center