

農林水産省委託プロジェクト研究
気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発
有機農業の生産技術体系の確立 研究成果

有機農業 実践の手引き



平成25年5月

農林水産省農林水産技術会議事務局研究統括官室

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター

はじめに

有機農業とは、化学肥料および化学合成農薬の使用を止め、堆肥・緑肥等の天然の有機物や天然由来の無機物肥料および輪作等の耕種的手法や生物的防除等の手法を利用することにより圃場の生態系を豊かに形成し、作物を健全に育て、持続性のある農業を実現するための一つの方法です。我が国では、平成18年12月に制定された「有機農業の推進に関する法律」に基づき、平成19年4月末に「有機農業の推進に関する基本的な方針」が策定され、有機農業が法律によって推進されることとなりました。

有機農産物への国民の期待感が高く、また、新農業人フェアにおいて9割以上が有機農業に興味がある、または有機農業を行いたいと回答しているなど、これからの日本農業の在り方の一つとなってきました。

このような社会的背景と現場のニーズを反映させた農業研究の推進を図るため、農林水産省では、平成21年度より有機農業に関わる委託プロジェクト研究を実施し、有機農業技術が成立している要因の科学的解明と有機農業の生産技術体系の構築に関する研究を展開しました。これは、独立行政法人、公設試験研究機関、大学、民間が一体となって取り組んだ初めてのプロジェクト研究です。

この手引きは、本委託プロジェクト研究で行われた「寒冷地での水稲有機栽培技術」、「関東地域のジャガイモ有機栽培」、「近畿・東海地域のトウガラシ類の有機栽培技術」、「バイオフェーミゲーションを取り入れたハウレンソウ、ナス等の有機栽培技術」、「暖地における有機二毛作技術」についての成果の一部をとりまとめたものです。

本書では上記の5テーマについて、研究で得られた知見の一部を体系化技術として整理し、試みにその技術を導入した場合の生産費も計算しました。ここで紹介した技術の多くは、有機農業の現場で着想され、現場の農家と研究機関の協働のなかでのさまざまな模索を踏まえて組み立てられてきたものです。

有機農業の技術は、固定的なものではなく、それぞれの圃場条件や生産者の考え方等実態に即して多様に展開していくものです。どのような場面でも、いつでも適用できるものではありません。その発展と確立のためには、それぞれの圃場条件を見きわめ、作物や土壌を入念に観察し、生産者自身が技術力を高めることも不可欠です。また、本書で紹介した技術を実施する前提には、時間をかけた個々の圃場条件に合った土づくりが必要なことも言うまでもありません。

この手引きは、普及指導員等が有機農業者と一体となって各自の圃場における有機農業の実践に役立てて頂くことを目的としたものです。本書が生産現場における有機農業の普及の一助になれば幸いです。

目 次

はじめに

第1章 寒冷地での水稲有機栽培技術

1. 背景	1
2. 栽培暦と栽培の要点	1
3. 雑草対策	2
4. 病虫害対策	10
5. 肥培管理	15
6. 現地事例とその経営評価	17

第2章 関東地域でのジャガイモ有機栽培技術

1. 背景	20
2. ジャガイモ栽培暦と栽培の要点	20
3. 輪作体系	21
4. 施肥管理・雑草対策	21
5. 病虫害対策	21
6. 開発したジャガイモ有機栽培技術等の経営評価	21
7. ジャガイモ有機栽培のライフサイクルアセスメント (LCA)	23
8. ジャガイモ有機栽培技術開発に有効な試験事例	24

第3章 東海・近畿地域のとうがらし類の有機栽培技術

1. 背景	28
I. 東海地域における甘長ピーマンの有機栽培法	
1. 栽培暦と栽培の要点	28
2. 施肥管理	29
3. 雑草対策	30
4. 病虫害対策	30
5. 技術までは至らないが参考となる試験データの紹介	36
6. 経営評価	36
II. 近畿地域における伏見とうがらしの有機栽培法	
1. 栽培暦と栽培の要点	37
2. 施肥管理	38
3. 雑草対策	40
4. 病虫害対策	41
5. 経営評価	45

第4章	バイオフィューミゲーションを取り入れたハウレンソウ、ナス等の有機栽培技術	
1.	背景	46
2.	バイオフィューミゲーションについて	46
3.	ハウレンソウの有機栽培	46
4.	ナスの有機栽培	65
5.	エンバクを利用したコマツナのキスジノミハムシ対策	72
第5章	暖地における有機二毛作栽培技術	
1.	背景	78
2.	水稲の有機栽培	78
3.	水稲有機栽培における現地事例	80
4.	小麦の有機栽培	81
5.	タマネギの有機栽培	83
6.	レタスの有機栽培	86
7.	経営評価（水稲）	88
8.	有機二毛作栽培技術開発に有効な試験事例	89

第1章 寒冷地での水稲有機栽培技術

1. 背景

水稲有機栽培は、熱心な実践農家による試行錯誤の結果、全国的に多くの成功事例を生んでいます。しかし、そうした成功事例は実践農家の熟練に負うところが大きく、雑草抑制、病虫害対策、土壌管理などの栽培技術は、様々な気象条件や土壌条件に対応可能な形で確立されているとは言えません。特に東北地方などの寒冷地においては、水稲の初期生育が緩慢なため、水稲有機栽培の最大の課題である雑草対策をより困難にしています。そこで、寒冷地の太平洋側乾田地帯および日本海側湿田地帯のそれぞれに適した水稲有機栽培技術の開発とその体系化をしました。

2. 栽培暦と栽培の要点

開発した技術の大まかな実施時期を、寒冷地での代表的な作期について第1-1表に例示しました。雑草対策として、雑草発生を抑制する技術と発生した雑草を防除する技術を組み合わせた除草体系を開発しました。特に水稲有機栽培における雑草対策の成否は、気象条件や土壌条件などによって大きく影響されることから、太平洋側乾田地帯および日本海側湿田地帯のそれぞれに好適な技術を組み合わせています。

第1-1表 寒冷地の代表的作期における開発技術の実施時期

		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			
								上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
										播種			移植																収穫
雑草対策	太平洋側(乾田)		畝立耕起 ¹⁾					畝立耕起 ¹⁾	畝立耕起 ¹⁾			代かき	移植 ²⁾	機械除草 ³⁾															
	日本海側(湿田)		耕起					耕起	代かき	代かき		チェーン除草 ⁴⁾																	
病虫害対策	斑点米カメムシ いもち病								ケイ酸資材(基肥)					ケイ酸資材(追肥)															
	イネミズゾウムシ													畦畔板(水面から10cm以上)															
肥培管理																													

- 1) 畝立耕起は、一年生雑草の抑制には秋期に1回と春期に2、3回行う。また多年生雑草の抑制には秋期に反転耕により行う。
- 2) 移植時は、枕地ならし機構を圃場全面に使用して植代後に発生した雑草を防除する。
- 3) 機械除草は、移植後7-10日後から1週間隔で3、4回行う。
- 4) チェーン除草は、移植後2-4日後から5-7日間隔で4、5回行う。

病虫害対策は、太平洋側と日本海側の共通技術として、ケイ酸資材施用による斑点米カメムシおよびいもち病の被害軽減技術ならびに畦畔板利用によるイネミズゾウムシの防除

技術を開発しました。

また後段では、収量を安定的に実現できる肥培管理技術として、有機栽培水稻の生育診断指標の設定と診断に基づく追肥技術について紹介します。以下、それぞれの技術について項目ごとに解説します。

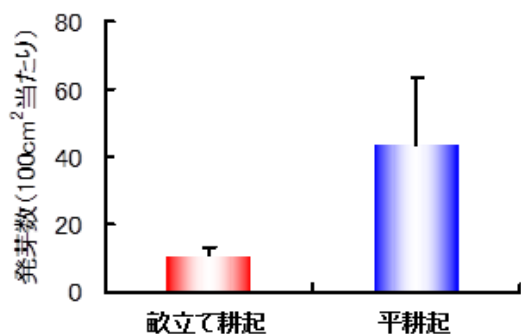
3. 雑草対策

(1) 太平洋側乾田地帯

1) 「畝立て耕起」による雑草発生の抑制

(i) 技術のポイント

冬から春にかけて、水田土壌を乾燥させ、わらの分解を進める「田起こし」を行う際に、同時に畝立て（うねたて）を行うことで、土壌の乾燥とわらの分解がより促進されるとともに、水稻栽培期間中の雑草発生数も減少させることができる耕種的な抑草技術です（第1-1図）。技術の実践には、17～23馬力のトラクターと培土板を装着したロータリーがあれば効率的に作業できます。歩行型の耕耘機でも作業は可能です。



第1-1図 コナギ発芽数に及ぼす畝立て耕起の効果



第1-2図 畝立て耕起（上）と作業時にトラクターに装着する培土板（下）

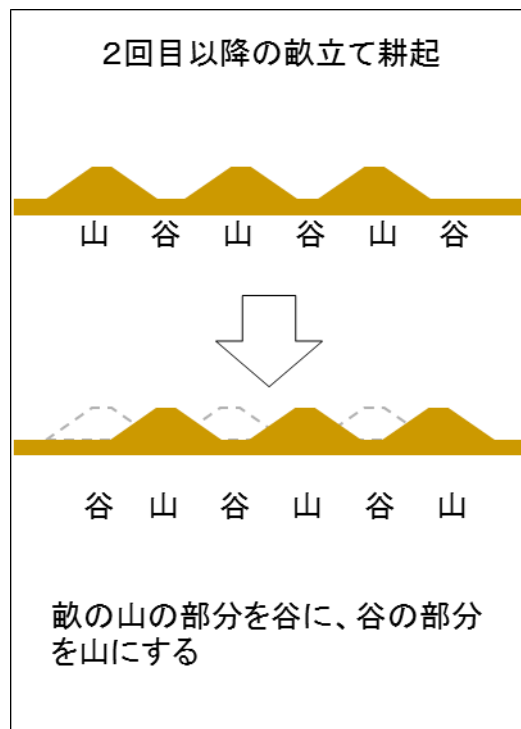
(ii) 作業内容

収穫作業後にロータリー耕で稲わらや稲株など収穫残渣を一度すき込み、その後に培土板を用いてロータリー耕と同時に高さ20～30cm、幅約100cmの畝状に土を盛り上げます（第1-2図、第1-3図左）。17～23馬力のトラクターの場合、PTO（動力取り出し装置）の回転数を1000rpm、ロータリーのギアを最遅にし、耕起深度を16～18cmとなるように耕起します。2回目以降は春先に土壌の表面が白くなるまでよく乾燥していることを確認し、畝の山が谷に、谷が山になるよう作業位置を調整し、上記と同様に畝状に耕起します（第1-3図右）。春期の耕起は3回程度行うことが理想ですが、天候の関係などから1～2回となっても、ある程度の抑草効果が期待できます。耕起と次の耕起は1～2週間間隔を空けて

土が乾いてから行います。代かきの直前にロータリー耕により畝を崩し平らにします（平耕起）。



第1-3図 畝立て耕起の高さと幅（左）
と2回目以降の耕起（右）



(iii) 留意点

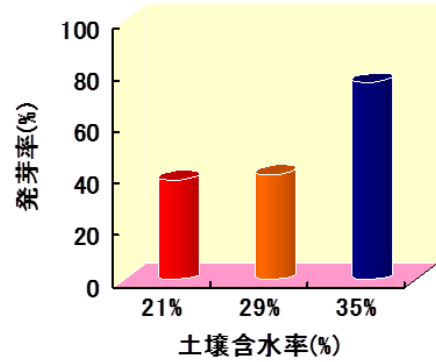
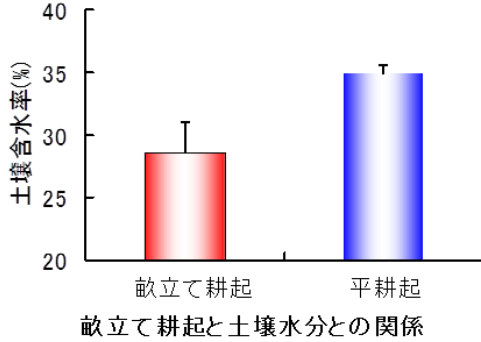
畝立て耕起を数年継続すると抑草効果は向上していきませんが、本技術のみで雑草を完全に抑えることはできません。2 回代かきや除草機、チェーン除草など他の方法との組み合わせが必要です。耕起は土が乾いている時に行ってください。収穫後の秋の耕起は、気温が低くなり土壌が乾きにくくなる前になるべく早い時期に行います。乾きにくい水田では、排水対策を同時に行うと効果的です。春先に積雪が残る地域や雨量が多い地域では、春先の耕起のタイミングがとりにくいため、気象情報等に注意してください。土を乾燥させることがこの技術のねらいであり、畝形成が目的ではありません。培土機の形成板の長さや羽根の有無によっては畝表面を固めてしまう場合があるため、羽根はなく、形成板も幅の狭いものが効果的です。

(iv) 付随効果

土壌が乾くと有機物の分解が進み無機態窒素に変化しやすくなるため、乾土効果によるイネの生育促進効果が期待できます。また、わらや稲株などの有機物の分解が促進され、湛水後の強還元化防止に繋がります。コナギ以外のクログワイのような多年生雑草の塊茎に対しても抑制効果が期待されます（次項参照）。

コナギ発生抑制の主なメカニズム

低温時に土壌含水率が約30%以下に低下し乾燥すると、コナギの発芽速度が遅れ、発芽率も抑制されます。冬期から春期にかけて、畝立て耕起を行うことで、土壌の乾燥が促進され、地温は外気温の影響を受けやすくなり、平均地温は低下することから、コナギ発生抑制は土壌の乾燥と地温の低下が関連していると思われます。



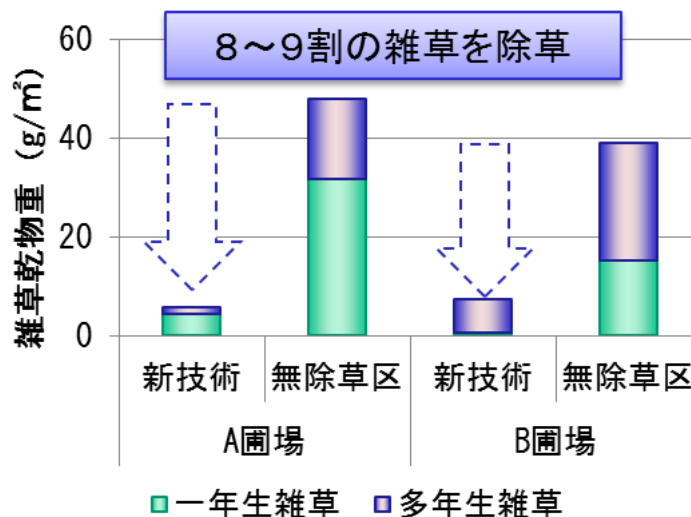
土壌含水率とコナギ発芽率との関係 (室内試験)

* 土壌含水率 = (土壌水分の重量) / (生土の重量) × 100

2) 機械除草と耕種的除草の組み合わせによる除草体系

(i) 技術のポイント

機械除草に複数の耕種的除草手段を組み合わせ、コナギ等の一年生雑草とクログワイ等の多年生雑草の両方を同時に除草することをねらう除草体系です (第1-4図)。技術の実践に必要な主な機械装備は、20~30馬力のトラクター、水田プラウ(20~30馬力対応)、ロータリーハロー、代かきハロー、枕地ならし機構付き田植機、株間除草が可能な除草機(固定式タイン型等)です。



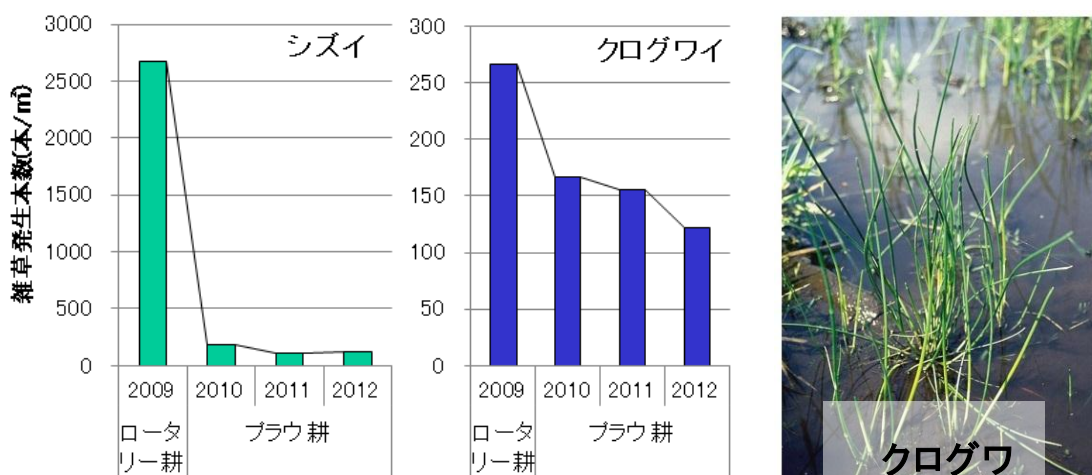
第1-4図 新技術による除草効果

(ii) 作業内容と留意点

(a) 水田プラウによる秋期反転耕

クログワイ等の塊茎から発生する多年生雑草に対して効果が期待できません(第1-5図)。

耕起深は 15cm 程度とします。複数年実施すると効果が高まります。



第 1-5 図 多年生雑草の発生本数 (左)、クログワイ (右)

※無除草区での発生本数の変化を 7 月上旬に調査

(b) 2 回代かき

荒代かきから植代かきの間を 2~4 週間あけて空けて雑草を発生させ、発生した雑草を植代かきですき込みます。この間の水管理は、水温を上昇させるため浅水管理としますが、田面が露出しないよう注意します。なお、荒代かきから植代かきの間を長くあけた方が、移植後の高い抑草効果が期待できます。

(c) 枕地ならし機構付き田植機 (第 1-6 図)

移植時に田植機の枕地ならし機構を圃場全面に使用して、植代かきから移植までの間に発生した雑草を除草します。

(d) 機械除草 (第 1-7 図)

機械除草には、株間の除草も可能な除草機を使用します。苗が活着した移植 7~10 日後に 1 回目の機械除草を行い、その後は 1 週間間隔で 3~4 回行います。連続欠株を防ぐために除草機の条数は、田植機の条数に合わせます (6 条用の田植機なら 6 連の除草機など)。



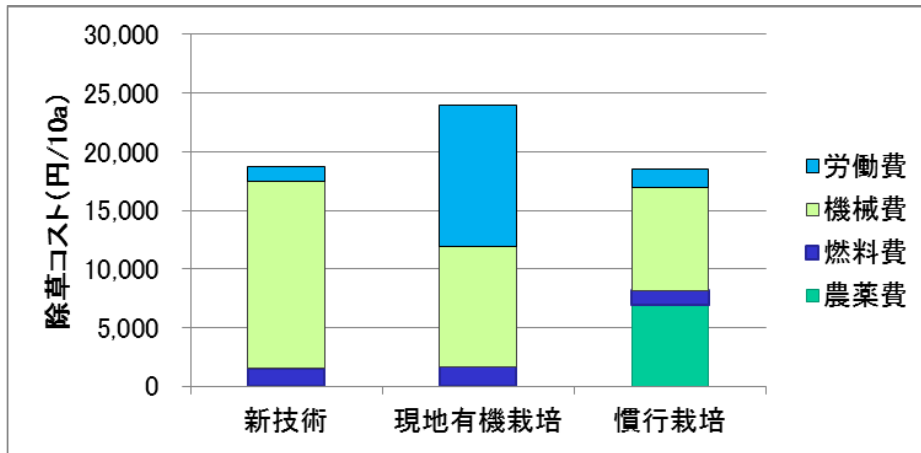
第 1-6 図 枕地ならし機構付き田植機 (5 月下旬)



第 1-7 図 固定式タイン型除草機による機械除草 (6 月上旬~7 月上旬)

(iii) 技術の特徴

除草作業のコストは、現地で行われている歩行型除草機を使用した除草体系に比べ、機械費は増加するものの、労働費が減少するため全体としては低下します（第1-8図）。



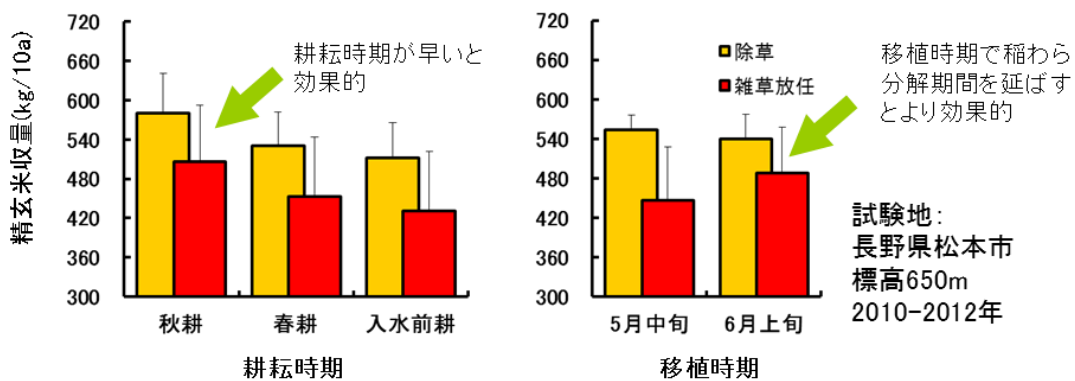
第1-8図 除草作業のコスト比較

(2) 日本海側湿田地帯

1) 稲わらなどの有機物を活用した土づくりによる雑草害低減技術

(i) 技術のポイント

収穫後できるだけ早期に耕耘し、冬期まで排水に努め、移植までに稲わらの腐熟を進めて移植後の稲わら分解を抑えることで雑草害を低減し、生産を安定化させる土づくり技術です（第1-9図）。耕耘から移植までの積算地温 1500 日℃以上に該当する寒冷地（青森・岩手と高標高地を除く）で適用が可能です。トラクターにロータリーやチゼルプラウなどを装着すれば効率的に作業できますが、歩行型の耕耘機でも作業は可能です。

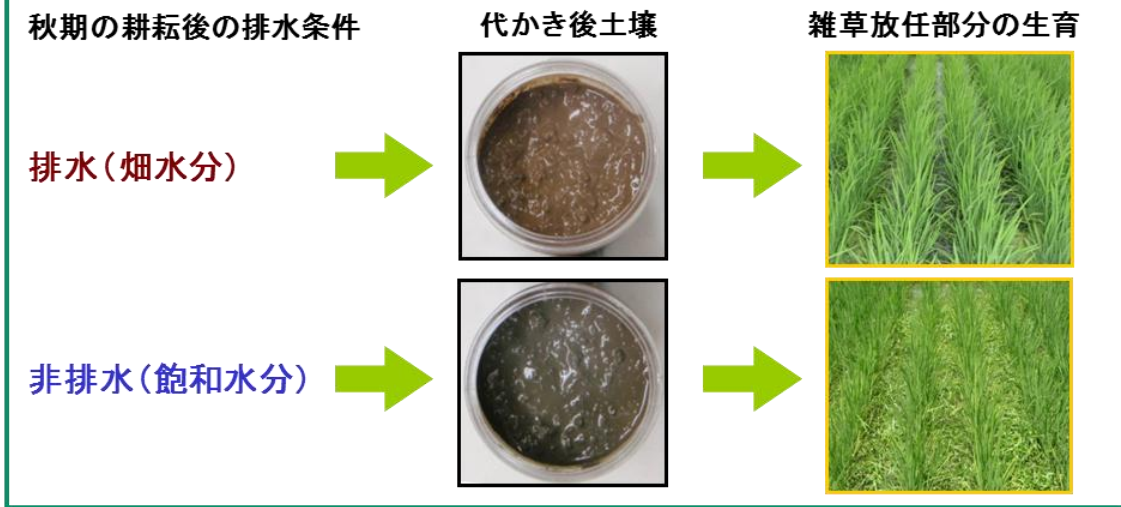


第1-9図 早期の耕耘および稲わらの腐熟による雑草害低減

(ii) 作業内容と留意点

水稻収穫後のできるだけ早い時期に耕耘を行い、稲わらを土壌に混和します。このためには、収穫前までに水田の地耐力を高めておく必要があります。特に湿田では、中干しや適期落水など収穫前から耕耘後までの排水対策を行ってください。耕耘後も稲わらの腐熟化を進めるために排水に努めることが有効です。

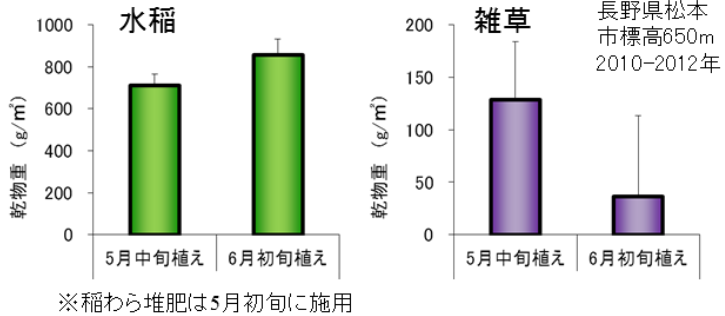
耕耘後、排水に努めます(落水条件により土の酸化力が高まります)



収穫後の耕耘から移植までの積算地温が 1500 日℃に満たない地域は、稲わらを堆肥化して施用すること、および移植を遅らせることなどにより稲わら分解期間の不足を補う必要があります。

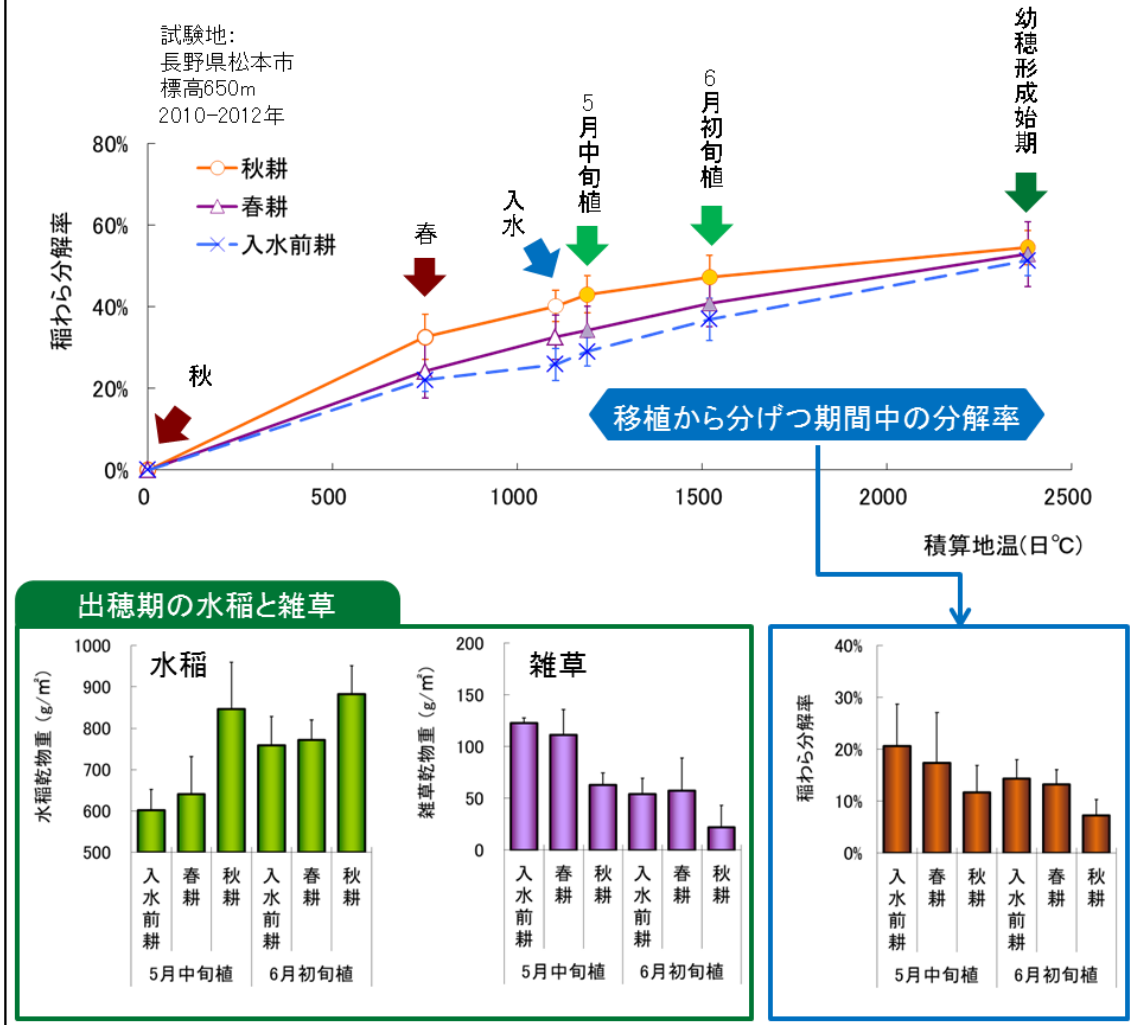
稲わら分解期間が不足する場合の対応方法(稲わら堆肥の利用)

耕耘から移植までの稲わら分解期間が不足する場合、堆肥化した稲わらを移植から1ヶ月以上前に施用することで生産が安定します。ただし、堆肥すき込み直後は雑草害のリスクが高まるので、苗を大きく育てて移植時期を遅らせます。



雑草害低減の主なメカニズム

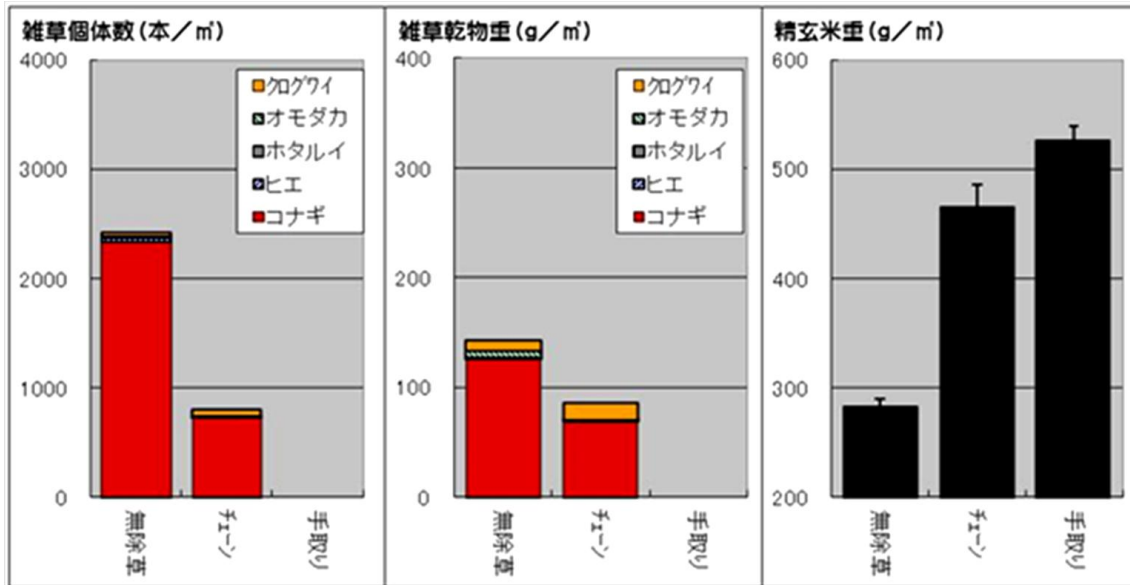
耕耘から移植までの稲わら分解期間を十分に確保することで、移植以降の稲わら分解率は少なくなり、水稻生育が増加して雑草重が低下します。稲わら分解の目安として、耕耘から移植までの積算地温1500日°C以上を確保し、移植までの稲わら分解率40~50%を目標にします。前述の目標にかなう耕耘および移植時期を決定し実施します。



2) 低コスト導入技術としてのチェーン除草

(i) 技術のポイント

約2万円で作成可能な独自機構のチェーン除草機を用いて、水稻移植後 2~4日目から 5~7日間で 4~5回作業することにより、穂孕期(ほばらみき)の雑草を半減させ、減収を抑制する技術です(第1-10図)。軟弱耕盤水田や不定形水田を含むほとんどの水田に適用可能です。ただし成苗を移植し、移植日から50日程度、湛水深5cm以上を維持することが必要です。



第 1-10 図 チェーン除草が穂孕期（ほばらみき）の残存雑草の個体数と乾物重および成熟期の精玄米収量に及ぼす効果

(ii) 作業内容

1 葉展開程度の 1 年生雑草を主な対象として、5 月下旬から 6 月上旬に成苗を移植し、その 2~4 日後、植代から 1 週間以内にチェーン除草機を牽引します。その後も新たに発芽してくる雑草が活着する前を目安に 5~7 日間隔で最高分けつ期頃まで 4~5 回作業すると、穂孕期（ほばらみき）の雑草が半減し、減収を抑制できます。

除草作業は稲に泥が被らないように湛水深 5~10cm で行い、田面に浮遊した雑草幼苗の再活着を防ぐため移植後 40~50 日間はこの湛水深を維持します。

(iii) 留意点

チェーン除草は雑草根絶技術ではないため、水稻の生育が雑草よりも優勢になるような栽培条件を整える必要があります。定着して葉齢の進んだ雑草や多年生雑草に対する除草効果は期待できません。土壌表面が容易に攪拌できる程度に柔らかい状態でないと除草効果は劣ります。

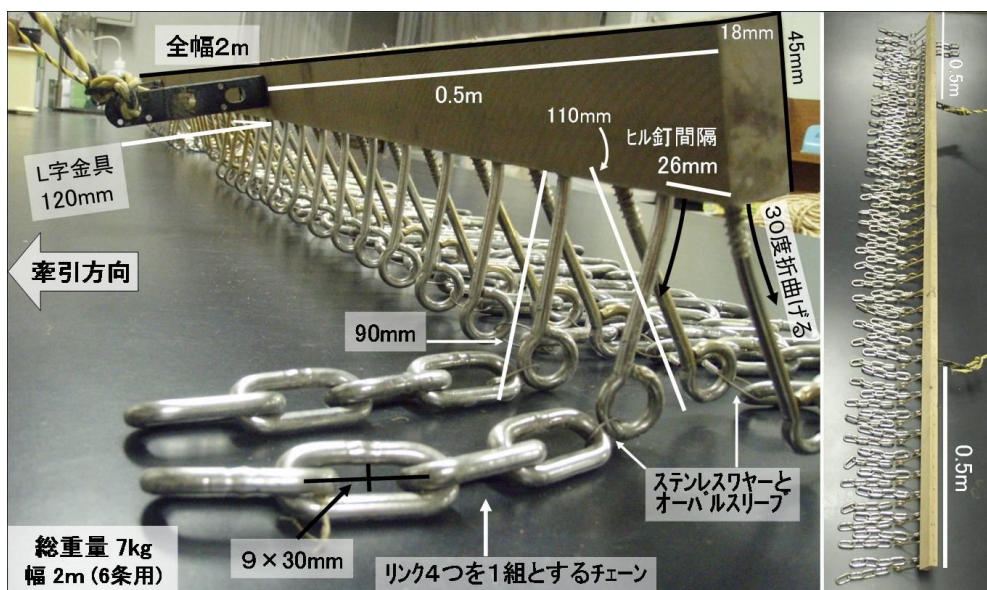
(iv) 技術の特徴

本チェーン除草機は、チェーンの接続にヒル釘を用いた独自機構の除草機であり、チェーン直結型の一般的な除草機に較べてはるかに軽量（7kg）です。1 作当たりの作業コストは 2500 円/10a と格安です（1 回 30 分/10a、5 回作業実施、時給 1000 円、とした場合の試算）。

植条方向に対して直交方向や斜め方向に作業してもほとんど欠株を発生させないため、不定形水田や枕地でも容易に作業できます。チェーン除草機（初中期）と乗用除草機械（中後期）の連携により、水稻の欠株防止と高い抑草効果が両立できます。

チェーン除草機（6条）の構造

- ・金物屋やホームセンターで材料を入手し（2万円程度）、1日程度で作製できます。
- ・長さ2mの角棒に長さ13cmのヒル釘を2.5cm間隔で約80本ジグザグに固定し、ヒル釘の頭部に4環一組のチェーンをステンレスワイヤーで接続します。
- ・ヒル釘の頭部の凸部分は万力などで挟んで平滑に伸ばしておくこと刈株などの夾雑物が絡みにくくなります。
- ・ヒル釘を用いて接続することにより、チェーンの接地位置が固定されると共に接地圧を高めることができるため、除草効果を維持しながら軽量化を実現しています。
- ・土壌条件や体力等に合わせて除草機の幅、チェーンの取り付け角度や間隔、圧着強度等を調整することもできます。

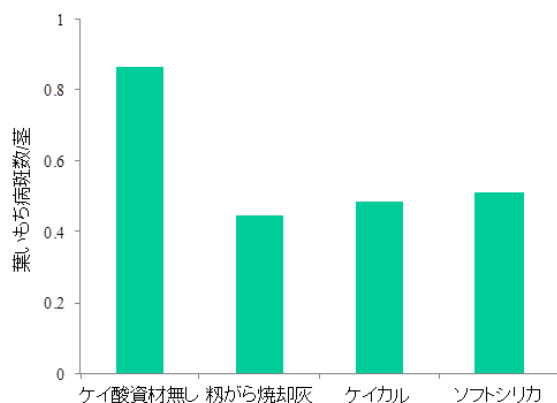


4. 病虫害対策

(1) 病虫害被害を抑制するためのケイ酸資材の施肥法

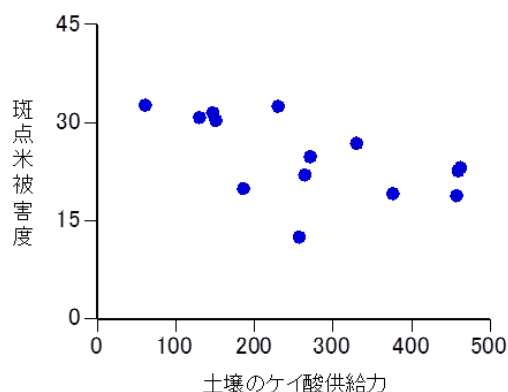
(i) 技術のポイント

土壌のケイ酸供給力や地域性に基づくリスクの発生予察を行った上で、ケイ酸資材の施用によるいもち病および斑点米の減少をねらう技術です（第1-11図、第1-12図）。ケイ酸供給量の低い地域の圃場で効果的です。背負い式動力散布機があれば作業可能ですが、基肥施用では散布重量が多くなるのでトラクター装着のブロードキャスタがあると効率的に作業できます。鉍さいケイ酸質肥料（ケイカル）、熔成りん肥（熔リン）、籾殻低温焼却灰などのJAS有機対応ケイ酸資材を施用します。



第 1-11 図 ケイ酸資材投入と葉もち病斑数の関係

投入量は、籾がら焼却灰 15g/pot、ケイカル 9g/pot、ソフトシリカ 11.3g/pot



第 1-12 図 土壌のケイ酸供給力が斑点米率に及ぼす影響

ケイ酸供給力：可給態ケイ酸含量 (mg/風乾土 kg)、斑点米被害度：斑点米率 (逆正弦変換値)

(ii) 作業内容と留意点

鉋さいケイ酸質肥料（ケイカル）を基肥施用する場合は、10a 当たり 120～200kg を施用します。単年度での施用で効果が小さい場合は、連年施用が必要となります。ケイ酸資材の基肥施用では、一般的に施用量を多く必要とします。背負い式動力散布機、ブロードキャスタなどを用いて、早春、または前年秋～冬に施用します（第 1-13 図）。一方、ケイ酸資材を追肥に用いると少量で稲のケイ酸含量を高めることができます。具体的には、幼穂形成期 1 週間後にケイカルを 40kg/10a 施用すると有効です。



第 1-13 図 ブロードキャスタによるケイ酸資材の散布

各地域の普及指導機関が圃場のケイ酸供給力を評価し、必要なケイ酸資材量の基準を定めています。ケイ酸供給量の低い地域の圃場では、これらの情報に基づくケイ酸資材を用いた土作りが効果的です。

いもち病発生抑制の主なメカニズム

根から吸収されたケイ酸は葉身、籾殻などに蓄積します。ケイ酸が沈積した細胞はケイ化細胞と呼ばれ、表皮に沈積したケイ素は表皮を物理的に強化していもち病菌の菌糸の侵入を阻止します。また、ケイ酸資材の施用により葉身が直立姿勢となるため、葉面が結露しにくくなり、いもち病菌の胞子が付着をしにくくなります。近年、ケイ酸が、いもち病菌に対するイネの抵抗力を高める働きがあることも明らかとなっています。アルカリ性のケイ酸資材の施用により土壌中の有機窒素が無機化してイネ体の窒素含量が高まり、いもち病の発生が多くなることもあるので注意が必要です。

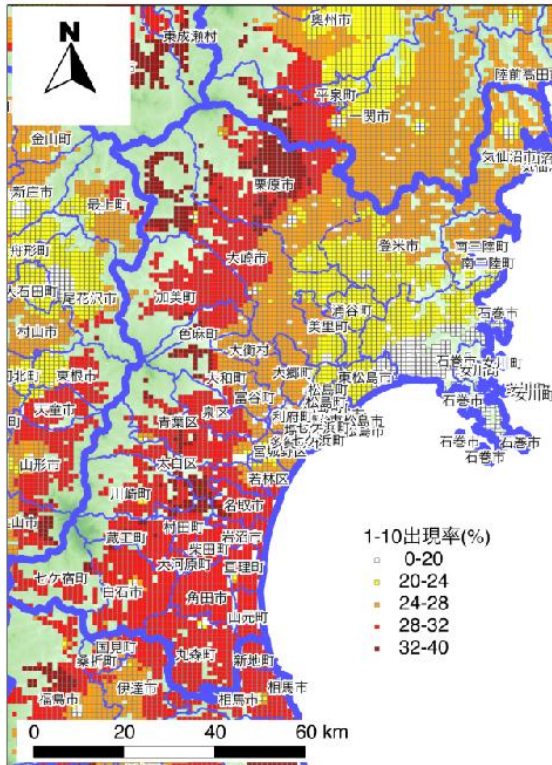


図 葉いもち病斑

図 宮城県における葉いもち発生リスクマップ
出現率が高いほど(赤くなるほど)、葉いもち発生リスクが高いことを示す。

斑点米発生抑制の主なメカニズム

土壌のケイ酸供給力(可給態ケイ酸含量)が低い水田では籾殻中のケイ酸含量が低くなり、割れ籾(玄米の一部が外部に露出している籾)ができやすくなります。東北地域等の寒冷地に多いアカスジカスミカメなどのカスミカメシ類は、割れ籾の隙間から玄米を吸汁加害して斑点米(落等につながる側部斑点米)を発生させます。その対策として、出穂2~3週間前にケイ酸資材を追肥することで、籾殻のケイ酸濃度を高め、割れ籾ひいては斑点米の発生を抑制することが可能となります。なお、割れ籾の発生には、栽培品種、出穂期、気象条件(幼穂形成期から出穂期における日照不足や低温)等も影響するので注意が必要です。



図 アカスジカスミカメ(左)、割れ籾(中央)、斑点米(側部斑点米)(右)

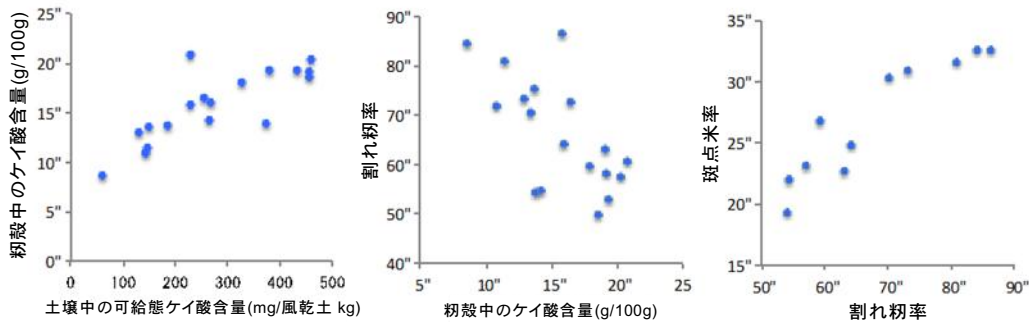


図 水田土壌のケイ酸供給力が籾殻中のケイ酸含量、割れ籾および斑点米発生量に及ぼす影響
図中の各点は異なる水田由来の土壌でポット栽培された水稻のデータ、割れ籾率および斑点米率は逆正弦変換値

有機栽培圃場における土壌のケイ酸供給力とケイ酸資材

土壌のケイ酸供給力(可給態ケイ酸含量)は地域差が大きく、ケイ酸資材の使用履歴によっても変動します。有機栽培の実施の有無による変化はあまりありません。また、ケイ酸は用水からも供給され、ケイ酸吸収に寄与します。JAS有機には、土壌改良材のケイカル、熔リンが利用できます(認証団体へ銘柄の確認が必要です)。籾殻を400~600℃の低温条件で焼却した籾殻灰はケイ酸肥効が高く、ケイ酸資材として期待できます。

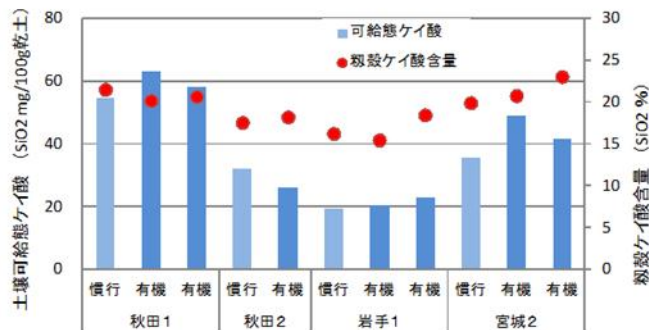


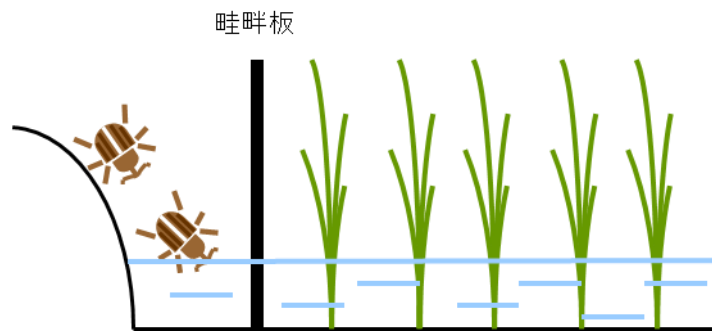
図 籾殻低温焼灰
(高田エンジニアリング提供)

図 東北各地の有機栽培土壌の可給態ケイ酸および籾殻ケイ酸含量

(2) 畦畔板によるイネミズゾウムシの防除法

(i) 技術のポイント

イネミズゾウムシの越冬後の成虫は、主に移植直後の水田に畦畔から歩いて侵入します。そこで、成虫が侵入する前に田面に畦畔板を用いた「壁」を作って成虫の侵入からイネを守る技術です(第1-14図)。資材として、畦畔板とそれを固定する支柱が必要です。畦畔板は、田面全体をすき間なく囲める長さがが必要です。畦畔板の幅は30cm~35cmがよいでしょう。支柱には、篠竹などを利用することができます。



第1-14図 畦畔板によるイネミズゾウムシの防除法



第1-15図 畦畔板の設置

(ii) 作業内容と留意点

水稲移植直後に第1-15図のように2人組になって1条目と畦畔の間に畦畔板を設置します。ほ場を1周、すき間のないように設置します。水面からの高さは、少なくとも10cm程度は出るようにします。設置したら、畦畔板が倒れないように一定間隔で篠竹などの支柱を田面に刺して固定します。

イネミズゾウムシの成虫が侵入しないうちに、苗を移植したら速やかに畦畔板を設置してください。設置作業を始める前に、あらかじめ必要な分の畦畔板を一定の間隔で畦畔に置いておくと効率的です。水口と水尻部分は、必要な時に一部分だけ波板を開けられるようにしておきます。

● **専用機械を用いた畦畔板の設置**

ここでは、田植機に装着して畦畔板の設置ができる、専用機械を紹介します。手作業で畦畔板を設置する方法に比べて、設置にかかる時間と労力を削減できます。



〔使用方法〕乗用田植機の側面に装着し、ロール状の畦畔板を装着してほ場内を走行すると自動的に設置されます。

〔留意点〕

作業にあたっては田植機のパレーターのほか、畦畔板の装着等に補助員が1人いた方が効率的です。

この機械を利用する場合、前ページの手順とは異なり、先に畦畔板を設置してから苗を移植した方がよいでしょう。

〔作業時間・コスト〕100m×30mの30aほ場に設置した場合の試算結果は下の表のとおりです。



畦畔板設置に要する時間

作業内容	専用機械による所要時間	手作業による所要時間
作業開始前の準備	約7分	—
波板設置作業	約17分	—
機械による設置後の後処理	約9分	—
合計	約33分	約60分

注：専用機械による所要時間は、以下の条件でほ場に設置した場合の時間とした。
・作業員2人で設置する。

畦畔板設置に要する費用

項目	専用機械による設置(円)	手作業による設置(円)
労 賃	891	1,620
資 材 費	18,200	18,200
燃 料 代	149	0
専用機械の減価償却費	857	0
合 計	20,097	19,820

注：専用機械による所要時間は、以下の条件で設置した場合の費用とした。

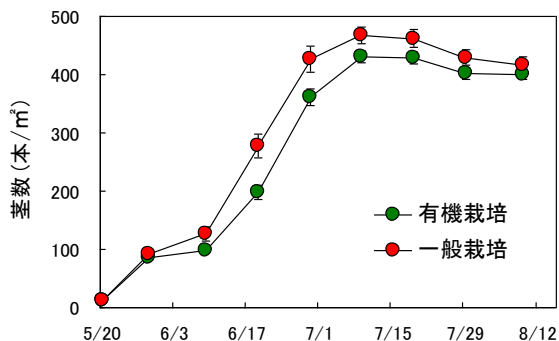
- ・作業員2人で設置する。
- ・1台の機械で設置する面積は年間360a。
- ・労賃の単価は832円/時間。
- ・田植機本体の減価償却費は含まない。

5. 肥培管理 ～有機栽培水稻増収のための生育診断指標と追肥技術～

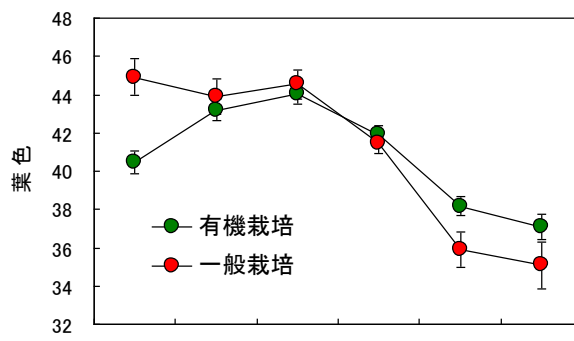
(1) 有機栽培水稻の生育の特徴

同じ収量レベルの水稻を比較すると、有機栽培の茎数は慣行栽培に比べて少なく推移しますが、有効茎歩合が高いため穂数はほぼ同等になります(第1-16図)。また、有機栽培した水稻の

葉色は、6月中旬は淡く、7月中旬の幼穂形成期から出穂期にかけて濃くなるのが特徴です(第1-17図)。これは、供試した有機質肥料に由来する窒素の溶出が6月下旬までは少なく、7月以降でも継続して溶出することが原因と考えられます。



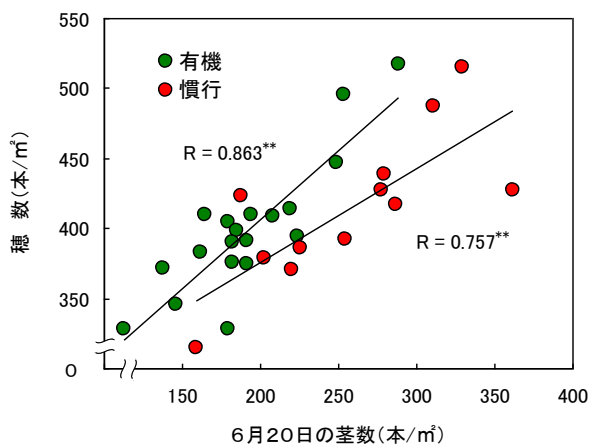
第1-16図 茎数の推移(品種:あきたこまち)



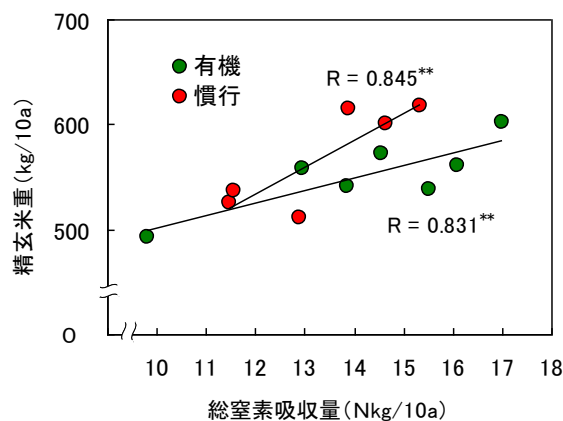
第1-17図 葉色の推移(品種:あきたこまち)

(2) 有機栽培水稻の生育診断

有機栽培では、慣行栽培の水稻と生育パターンが異なります。例えば、6月下旬の茎数と穂数の関係を見ると、有機栽培は慣行栽培に比べて少ない茎数で同等の穂数を確保できます(第1-18図)。また、有機栽培で収量550~600 kg/10aを確保するために必要な総窒素吸収量は、慣行栽培に比べて2g/m²程度多く必要になります(第1-19図)。



第1-18図 6月中旬の茎数と穂数の関係(品種:あきたこまち)



第1-19図 総窒素吸収量と収量の関係(品種:あきたこまち)

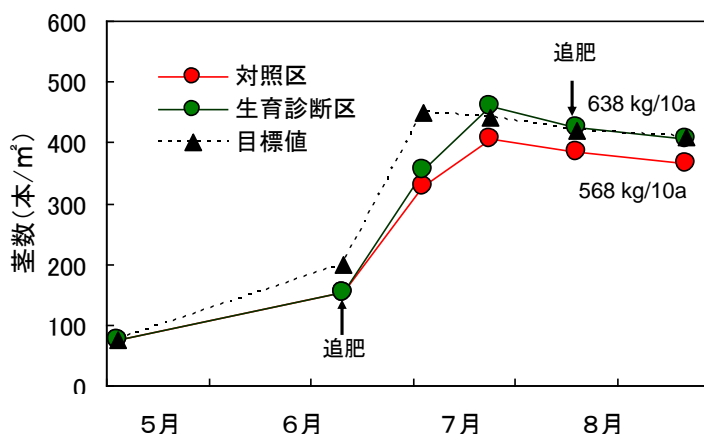
第1-2表は、寒冷地で品種「あきたこまち」を栽培することを前提として作成した有機栽培水稻の生育時期別理想生育量です。この理想生育量を指針にして、追肥によりイネの生育量や葉色を適正に保つことにより、有機栽培による増収が期待できます。

第1-2表 生育時期別の理想生育量(あきたこまち:目標収量 570~600kg/10a)

項目	時期	分げつ	有効茎	最高	幼穂	減数	出穂期
		始期	決定期	分げつ期	形成期	分裂期	
		6月上旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬
草丈(cm)	有機		30	50	65	75	85
	慣行	30	35	60	70	80	90
茎数(本/m ²)	有機	90	200	450	430	420	410
	慣行	130	280	460	450	430	420
葉緑素計値	有機	—	40	44	43	38	36
	慣行	—	45	45	42	35	36

(3) 有機栽培の生育診断に基づく追肥対応

有効茎決定期、幼穂形成期、減数分裂期の3回生育診断を行い、理想生育量に基づいて追肥を判断します(第1-20図)。この場合、有機肥料由来窒素の追肥利用率は化学肥料約50%に対して約30%とします。また、追肥窒素の施肥量は窒素換算で3kg/10a程度とします。



第1-20図 生育診断に基づく追肥と茎数の推移(品種:あきたこまち)

有機栽培と慣行栽培の生育パターンは異なることを良く理解して、生育診断基準に基づき、適正な施肥を行うことができれば慣行と同等の収量あるいは増収が可能になります。

6. 現地事例とその経営評価

以上で解説した開発技術のいくつかを実際に水稲有機栽培経営に持ち込み、その収量調査などを通じて技術の有効性を検証しました。以下では、岩手県一関市内のY経営における2012年の事例を紹介します。

Y経営では、所有地、借入地合わせて約8haの水稲栽培が行われており、その内約3haが有機栽培となっています。他に水稲作に関わる育苗、移植、収穫、調整など、のべ約150haの作業受託と育苗ハウスを活用した園芸作物栽培を、4名の専従者と季節雇用によりまかされています。Y経営における2009年から2011年の3カ年平均の有機栽培水稲生産費は、10a当たりでみると118,507円/10aとなっており、これは3~5ha規模の東北稲作平均生産

費の 102%で、慣行栽培と比較しても著しく高いレベルではありませんでした（第 1-3 表）。

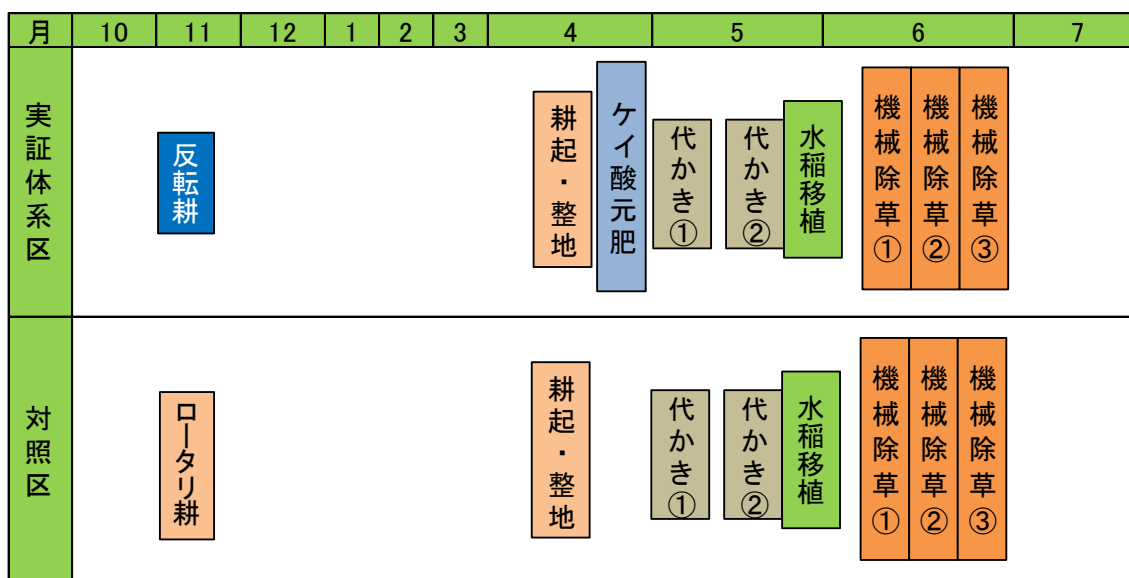
実証試験は、Y 経営が管理する 15a 圃場（実証区）および 40a 圃場（対照区）において、以下の様な栽培体系で水稲有機栽培を行いました（第 1-4 表）。

その結果、精玄米重で目標値 420kg/10a を上回る 477kg/10a の収量を得ました（第 1-5 表）。また食味値についても、対照区に比べると 1 ポイント劣ったものの 75.0 ポイントという高い値を達成しました。

第 1-3 表 10a 当たりの水稲生産費

費目	Y経営 (有機栽培)	東北稲作平均 (3-5ha規模)
種苗費	6,758	2,069
肥料費	7,333	10,581
農薬衛生費	0	7,665
緒材料費	22,103	1,713
動力光熱費	836	3,855
雇用労賃	4,926	938
減価償却	15,327	19,059
その他	61,224	70,096
計	118,507	115,974

第 1-4 表 水稲有機栽培の実証体系



第 1-5 表 水稲有機栽培の実証体系の収量および食味値

	精粳重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	千粒重 (g)	食味値
実証体系区	518	477	22.5	75.0
対照区	341	292	22.0	76.0

対照区に対して実証体系区において追加で要した経費は、反転耕に要した経費 3,251 円/10a（機械費）およびケイ酸資材施用に要した経費 6,024 円/10a でした。これを Y 経営の有機栽培水稲生産費 118,507 円/10a に加えた 128,052 円/10a が実証体系区の 10a 当たり生産費になります。実証体系区の収量から精玄米 60kg 当たり生産費を求めると 16,104 円となります。これは東北地方の平均 60kg 当たり生産費 12,924 円に対して 25%増となりました。

参考文献

1. 長谷川浩. 「南東北の有機栽培農家水田における複数回代掻きが田植え前の雑草の出芽, 残草および雑草シードバンクに及ぼす影響」. 有機農業研究. 2: 40-49. 2010.
2. 小林隆・兼松誠司・関矢博幸. 「有機栽培に使用できるケイ酸資材のイネいもち病防除効果」. 北日本病害虫研究会報. 63: 22-26. 2012.
3. 松木伸浩・三田村敏正. 「物理的障壁によるイネミズゾウムシ越冬後成虫の水田内侵入抑制効果」. 北日本病害虫研究会報. 61: 95-98. 2010.
4. 渡邊朋也・樋口博也. 「斑点米カメムシ類の近年の発生と課題」. 植物防疫. 60: 201-203. 2006.
5. 渡辺祐志. 「良食味埋を目指した土壌管理、施肥技術」平成 24 年産に向けての北海道の米づくり. 北海道米麦改良協会. p118-138. 2012.

研究担当者

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター

中山壮一・長谷川浩・高橋太一・関矢博幸・斉藤利裕・臼井靖浩・西田瑞彦
櫻井民人・小林隆・菅原幸哉・菅野洋光・兼松誠司

(財) 微生物応用技術研究所

田淵浩康・加藤孝太郎・奈良吉主・河原崎秀志・大下穰・木嶋利男

岩手県農業研究センター

臼井智彦・高橋昭喜・藤田智美・扇良明・寺田道一・多田勝郎

福島県農業総合センター

岸正広・松木伸浩・佐久間祐樹・内山かおり・山田真孝・鈴木幸雄・三田村敏正

秋田県立大学

金田吉弘

新潟県農業総合研究所・基盤研究部

白鳥豊・古川勇一郎

(公財) 自然農法国際研究開発センター

岩石真嗣・加藤茂・三木孝昭・阿部大介

問い合わせ先

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター

〒020-0198 岩手県盛岡市下厨川字赤平 4 電話 019 (643) 3433

第2章 関東地域でのジャガイモ有機栽培技術

1. 背景

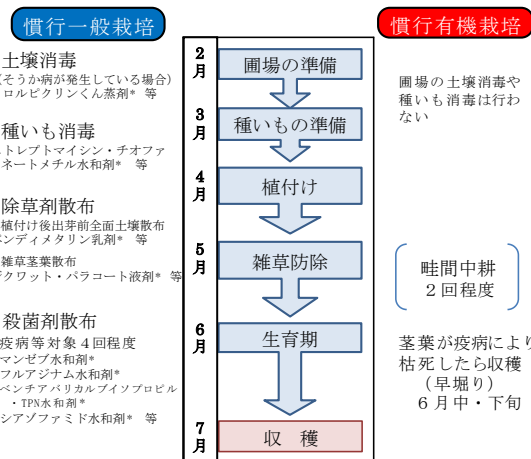
大都市圏近郊の関東地域では、消費者の要望に応じた減農薬・特別栽培農産物を生産し、生協等へ契約販売する生産組織が増加しています。このような生産体系では、使用できる農薬が限られるため、発生する病害虫の対策に苦慮しています。とりわけジャガイモ栽培では、そうか病や疫病等の発生に対し効果的で、かつ有機 JAS に適合した防除技術は皆無に近く、農家は無防除での生産を余儀なくされており、ジャガイモの品質や収益性は低下しています。このため、本研究では大都市圏近郊の関東地域のジャガイモ栽培で発生するそうか病や疫病等を対象に、拮抗微生物や有機物のすき込み、輪作などの有効防除技術を組み合わせ、有機 JAS に適合する総合防除システムを開発し、その有効性を実証しました。

2. ジャガイモ栽培暦と栽培の要点

茨城県におけるジャガイモの一般栽培と慣行有機栽培における管理作業

ジャガイモの春作において、有機栽培でない慣行一般栽培では、土壌消毒（そうか病等の土壌病害が発生している場合）、種いも消毒、除草剤散布、殺菌剤散布（疫病等を対象）による防除（農薬成分回数8回以上）を行っています。

一方、慣行有機栽培では、雑草防除のために畦間中耕を2回程度行うのみで、病害虫の防除は行っていません。そのため、疫病等の発生によって早期に株が枯死してしまうために、収量が低くなってしまいます。また、種いも消毒を行っていないため、種いもからの病原菌の持ち込みやジャガイモの連作によってそうか病が問題となっているケースも見られます。



開発した有機JAS適合技術によるジャガイモ有機栽培体系



第4図 開発したジャガイモ有機栽培技術における管理作業の流れ

第2-1図 茨城県におけるジャガイモ一般栽培と慣行有機栽培の管理作業の流れ(左)と開発した有機 JAS 適合技術によるジャガイモ有機栽培体系(右)

茨城県は全国第4位のジャガイモ生産県です。ジャガイモの一般栽培では、そうか病対策を目的にくん蒸剤(クロルピクリン剤等)による土壌消毒や種いも消毒が行われ、疫病対策を目的にマンゼブ水和剤等が合計3~4回散布されます(第2-1図左)。しかし、現地の有機栽培ではそうか病および疫病の対策はとられず、疫病により地上部が枯死した時点で栽培が終了となります。塊茎が十分に肥大する前に早掘りされるため、塊茎は小さく、収量も上がりません。今回の開発技術では、そうか病の発生を軽減させるため米ぬかをす

き込むことで可販品量を確保し、銅水和剤により疫病の発生を防除することで収量確保を目指したものです。本技術の現地実証試験では現地の慣行有機栽培と比較して、約 3.6 倍の可販品収量を得ることができました。

3. 輪作体系

輪作はそうか病に限らず土壌病害全般の対策として重要です。ジャガイモそうか病対策として、収益性と地力維持の観点からヘアリーベッチ、レタス、トウモロコシを取り入れた輪作を行い、同一圃場へのジャガイモの植え付けは 3 年に 1 作とします(第 2-1 図右)。

4. 施肥管理・雑草対策

ジャガイモの栽培には窒素成分で 12kg/10a 必要とされます。開発技術では、現地慣行有機栽培に準じ市販有機質肥料(例えば、しまなみ有機、10 袋/10a)を施用します。また併せて、そうか病の発病回避を目的に米ぬか 600kg/10a を施用します。将来的には、土壌診断により有機物のすき込み量を考慮することが必要です。

除草剤は使用しないため、5 月中に機械除草(畝間の中耕)を 2 回、手取り除草を 1 回程度行います。

5. 病害虫対策



第 2-2 図 ジャガイモそうか病発病塊茎(左)とジャガイモ地上部に生じた疫病病斑(右)

ジャガイモ生産で問題となるそうか病(第 2-2 図左)と疫病(第 2-2 図右)には以下の対策を行います。

ジャガイモそうか病に対しては、銅水和剤(コサイドボルドー剤、50~100 倍)による種いも消毒により病原菌を圃場へ持ち込まないことと、米ぬか 600kg/10a により発病を低下させ可販品量を確保します。また、ジャガイモ疫病に対しては銅水和剤(Z ボルドー剤、400 倍、200L/10a)を発病前に散布します。

6. 開発したジャガイモ有機栽培技術等の経営評価

開発技術ではヘアリーベッチ、レタス、トウモロコシとの輪作体系を組み、同一圃場へ

のジャガイモの植え付けは3年に1作としています。これに対し、現地慣行有機栽培ではジャガイモはホウレンソウと輪作を行い、一般栽培ではニンジンやダイコン、サツマイモとの輪作が組まれています（第2-1表）。

第2-1表 開発した輪作技術

	1年目		2年目		3年目
開発技術(有機)	ヘアリーベッチ	レタス	ヘアリーベッチ	トウモロコシ	ジャガイモ
慣行技術(有機)	ジャガイモ	ホウレンソウ	ジャガイモ		ジャガイモ
一般栽培	ジャガイモ	ニンジン	ジャガイモ	ダイコン	サツマイモ

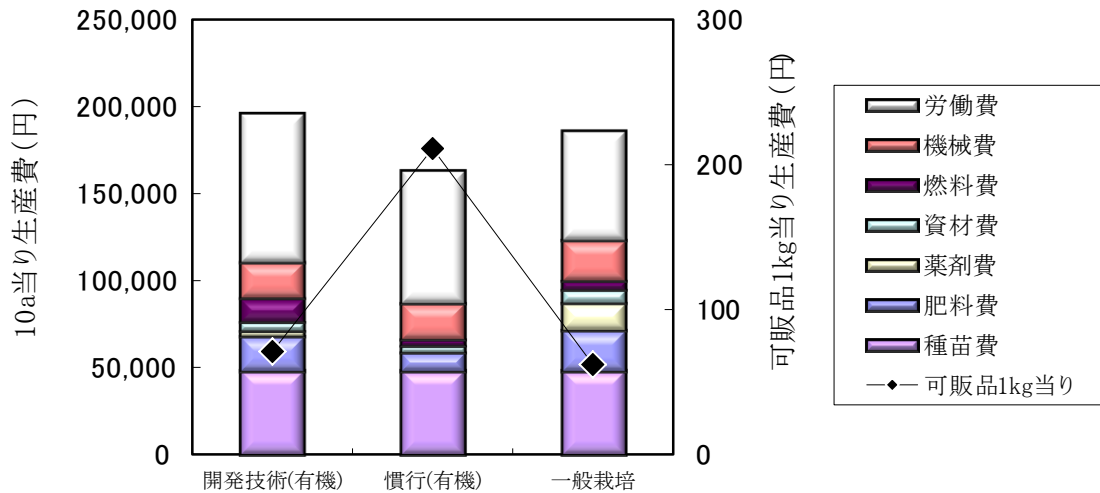
第2-2表 輪作技術(3ヵ年)の10a当たり収益性

	有機栽培		一般栽培
	開発技術	慣行技術	
販売額(a)	1,077,700	684,300	1,407,500
生産費(b)	769,687	649,917	1,066,147
収益(a-b)	308,013	34,383	341,353

輪作にかかる生産費は、開発技術(有機) 769,687円、慣行技術(有機) 649,917円、一般栽培 1,066,147円です(第2-2表)。

販売額から生産費を減じた収益は、開発技術(有機) 308,013円、慣行技術(有機) 34,383円、一般栽培 341,353円になります(第2-2表)。

開発技術では、緑肥作物のほかに収益性の高いレタス、トウモロコシを輪作することにより収益性の向上を図ります。



第2-3図 ジャガイモ1作当たりの生産費

ジャガイモ10a当たり生産費は、開発技術(有機) 196,028円、慣行技術(有機) 163,513円、一般栽培 186,020円で、開発技術(有機)は、慣行栽培(有機)の120%、一般栽培の105%になります(第2-3図)。

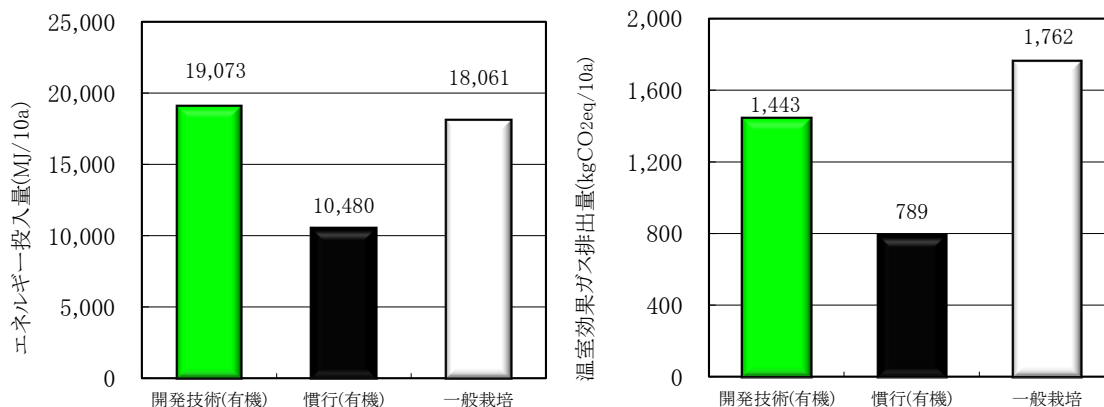
ジャガイモ可販品(1作当たり)1kg当たり生産費は、それぞれ71円、211円、62円で、開発技術(有機)は、慣行技術(有機)の34%、一般栽培の115%になります(第2-3図)。開発技術のジャガイモ可販品収量が慣行技術の3.6倍になったことにより、1kg当た

り生産費は慣行技術に比べて大きく低下しました。

7. ジャガイモ有機栽培のライフサイクルアセスメント (LCA)

輪作技術の LCA (ライフサイクルアセスメント) の結果、エネルギー投入量は開発技術 (有機) 19,073MJ/10a、慣行技術 (有機) 10,480MJ/10a、一般栽培 18,061MJ/10a でした (第 2-4 図左)。

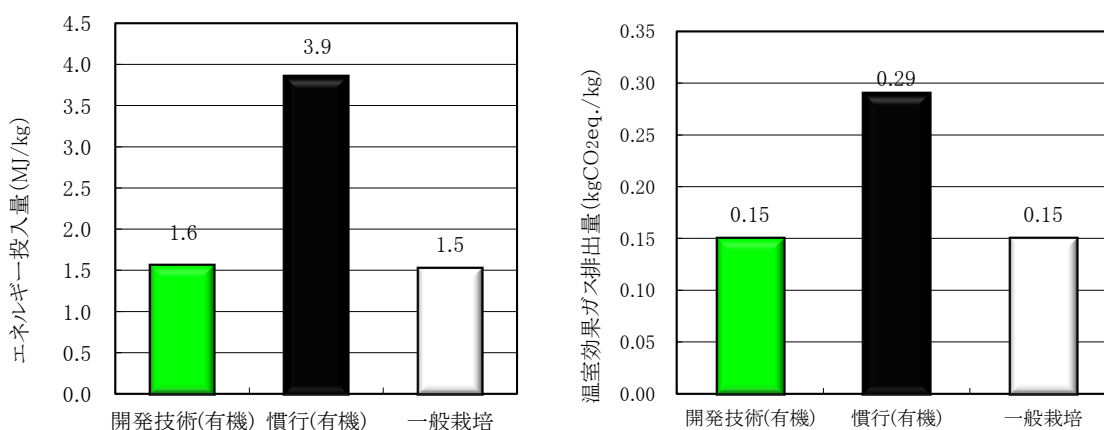
同じく温室効果ガス排出量 (CO₂ 換算値) は、開発技術 (有機) 1,443kgCO₂eq./10a、慣行技術 (有機) 789kgCO₂eq./10a、一般栽培 1,762kgCO₂eq./10a でした (第 2-4 図右)。



第 2-4 図 輪作技術の LCA (ライフサイクルアセスメント)

ジャガイモ可販品 (1 作当たり) の LCA の結果、エネルギー投入量は開発技術 (有機) 1.6MJ/kg、慣行技術 (有機) 3.9MJ/kg、一般栽培 1.5MJ/kg でした (第 2-5 図左)。

同じく温室効果ガス排出量 (CO₂ 換算値) は、開発技術 (有機) 0.15kgCO₂eq./kg、慣行技術 (有機) 0.29kgCO₂eq./kg、一般栽培 0.15kgCO₂eq./kg でした (第 2-5 図右)。



第 2-5 図 ジャガイモ可販品の単位重量当たり LCA (ライフサイクルアセスメント)

LCA 算出ソフト: 簡易 LCA プログラム (中央農研・環境影響評価研究チーム、2010)

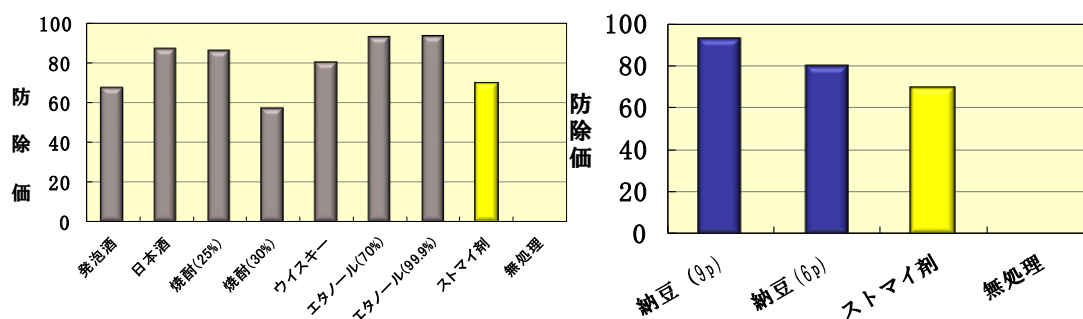
開発技術のジャガイモ 10a 当たりエネルギー投入量および温室効果ガス排出量は慣行技術よりも大きくなりますが、可販品収量が増加することにより、ジャガイモ可販品 1kg 当たりのエネルギー投入量および温室効果ガス排出量は、慣行技術よりも小さくなりました。

8. ジャガイモ有機栽培技術開発に有効な試験事例

(1) ジャガイモそうか病種いも消毒法

発泡酒 (7%、原液)、日本酒 (14~15%、原液)、焼酎 (35%、原液)、ウイスキー (43%、原液) およびエタノール (70%、99.9%、いずれも原液) に種いもを 5~10 秒間浸漬させることで、化学農薬を用いる慣行法に近い消毒効果が得られました (第 2-6 図左)。同様に納豆 (50g 入) 6 または 9 パックに少量の水を加えてミキサーですり潰した納豆調製液 (5L) に種いもを瞬間 (5~10 秒間) 浸漬することで、化学農薬による慣行法と同等の消毒効果が得られました (第 2-6 図右)。

なお、酒類や納豆には農薬登録がありませんので、栽培に当たっては酒類を防除目的に使用することはできません。本試験では納豆菌をそうか病菌の拮抗菌として用いていますが、この効果は菌株により差があると考えられるため、製品によっては効き方が異なる可能性があります。



第 2-6 図 ジャガイモそうか病種いも伝染に及ぼす酒類 (左) および納豆調製液 (右) の消毒効果

注. 酒類は原液に種いもを 5~10 秒間浸漬後、引き上げて風乾させた。

防除価 = $100 \times (\text{無処理区の発病度} - \text{処理区の発病度}) / \text{無処理区の発病度}$

納豆は市販の納豆を使い 9p、6p はそれぞれ用いたパック (50g 入り) 数を示す。

9p では納豆 9 パック分をすり潰し、加水後 5L に調製した溶液を使って種いもを 5~10 秒間浸漬した。

ストマイ剤: ストレプトマイシン・オキシテトラサイクリン水和剤 (ジャガイモそうか病種いも消毒に登録があります。ただし有機栽培では使用できません)。

(2) ジャガイモそうか病土壌伝染防止法

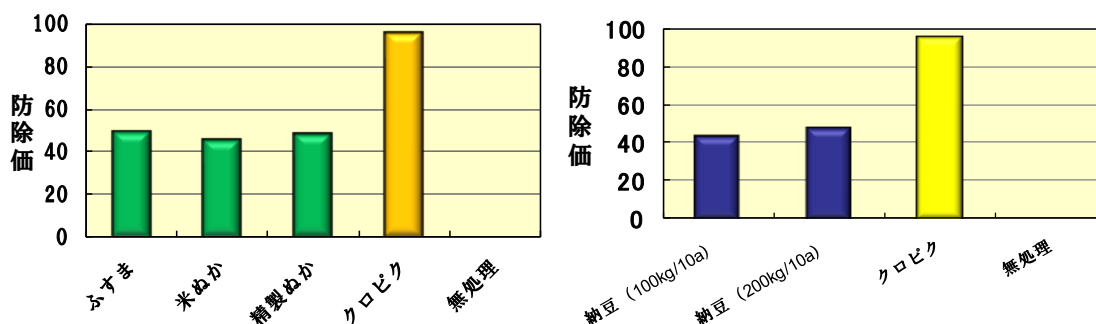
ジャガイモそうか病の発病は、各種有機物を土壌にすき込むことで低減することが知られています。有機物として飼料用ふすま、米ぬか、精製ぬかを使い、10 a 当たり 600kg の割合で植え付け当日に全面土壌散布後すき込むことで、クロルピクリン剤による慣行土壌くん蒸の半分程度の発病低減効果を得ることができました (第 2-7 図左)。

米ぬかやふすまのすき込み時期は、春作では植付け 1 週間前から当日までとし、秋作では植付け当日処理は出芽阻害を生じることがあるため、1 週間前とします。精製ぬかは、米ぬかから油を絞った残渣ですが、有機溶媒により油分を抽出したものは有機栽培では使用できません。また、米ぬか等は窒素分を多く含みますので、施肥設計をする際には注意が必要です。

また、納豆は納豆菌という拮抗性に富んだ細菌をたくさん含んだ食品です。工場が生じた廃棄物や売れ残った返送品の有効利用を前提に、納豆のそうか病低減効果を調べました。

納豆は 10a 当たり 100～200kg の割合で、植え付け当日に植付条に作条施用します。納豆は粘ついていますので、適当量の水を加えて塊をほぐすと散布しやすくなります。

納豆処理により、慣行土壌くん蒸剤のクロルピクリン剤の半分程度に発病を低減する効果を得ることができました。また、処理量とジャガイモの出芽率との関係を見ると 10a 当たり 200kg の場合はジャガイモの出芽を阻害する傾向がありました（第 2-7 図右）。



第 2-7 図 ジャガイモそうか病土壌伝染に及ぼす米ぬか等（左）や納豆（右）の防除効果

注. クロピク：クロルピクリンくん蒸剤（30L/10a）

（3）ジャガイモ疫病防止法

バチラス水和剤ほか生物農薬（ジャガイモ疫病に対しての農薬登録はありません）のジャガイモ疫病に対する防除効果を調べました。疫病の初発前から毎週計 4 回散布し、最終散布 1 週間後に防除効果を調べた結果、化学農薬（マンゼブ水和剤）による慣行法と同等の防除効果を示し、有効性が確認できました（第 2-3 表）。

同様に納豆調製液（第 2-8 図）を約 170L/10 a の割合で散布した場合、疫病の発病は、慣行薬剤散布区と無処理区との中間程度で推移しました（第 2-9 図）。本試験では、慣行化学農薬のマンゼブ水和剤が 46.0 の防除価を示すなかで、納豆調製液の防除価は 22.6 を示しました。

なお、これら生物農薬や納豆調製液は、ジャガイモ疫病の防除を目的とした場合には農薬登録が必要ですので、現在は直ちに使用できません。

第 2-3 表 各種薬剤のジャガイモそうか病防除効果（2010 年春作試験）

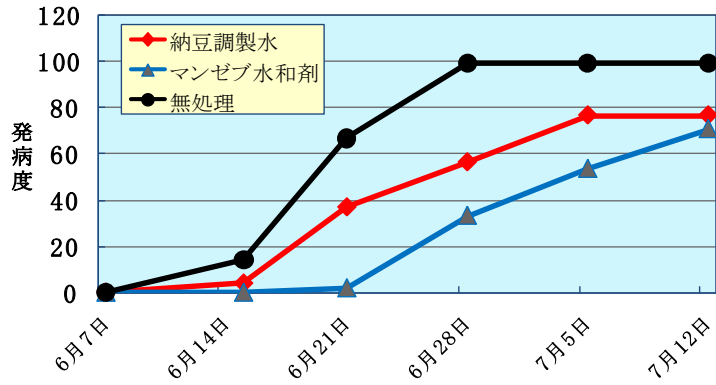
処理区	倍率	発病株率(%)	発病度	防除価
バチラス水和剤	500	16.7	5.8	57.4
バチラス水和剤	250	3.3	1.4	89.7
タラロマイセス水和剤	500	11.1	2.8	79.4
タラロマイセス水和剤	250	6.7	2.8	79.4
トリコデルマ水和剤	500	31.1	10.0	26.5
トリコデルマ水和剤	250	21.1	7.5	44.9
バチラス・銅水和剤	500	1.1	0.3	97.8
バチラス・銅水和剤	250	5.6	1.7	87.5
マンゼブ水和剤*	600	15.6	6.1	55.1
無処理		37.8	13.6	

注. マンゼブ水和剤はジャガイモの疫病に登録があります。ただし、有機栽培では使用できません。



第2-8図 納豆調製液

納豆50g(1パック分)をすり潰し、加水して3Lに調製



第2-9図 納豆調製液散布区の発病推移

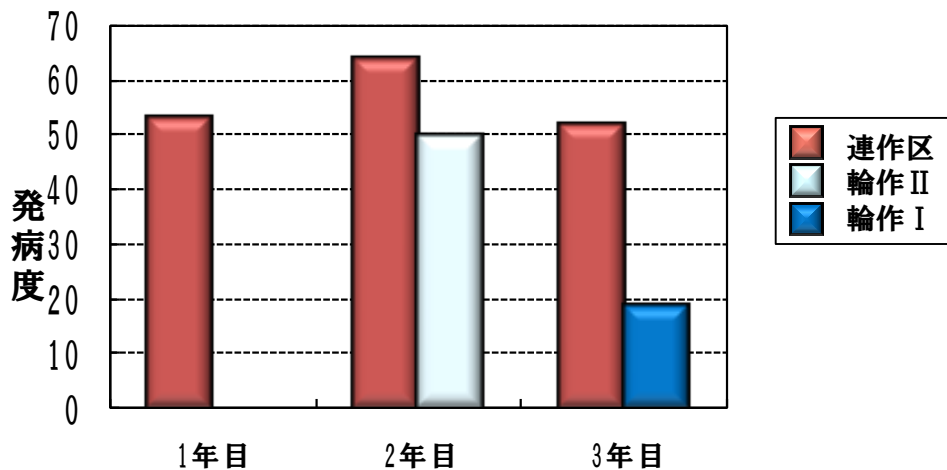
納豆調製液は6月7、14、21、28日に散布した

(4) 輪作によるそうか病の発病軽減法

ジャガイモそうか病が多発生していた圃場で、ヘアリーベッチとレタスを導入し、輪作によるジャガイモそうか病の発病軽減効果を調査しました(第2-4表)。ジャガイモ2年1作の輪作体系(輪作Ⅱ区)では発病軽減効果はわずかでしたが、ジャガイモ3年1作の輪作体系(輪作Ⅰ区)では連作区と比較して、そうか病の発生が大幅に軽減されました(第2-10図)。

第2-4表 ジャガイモそうか病に対する輪作体系

	前作	1年目		2年目		3年目
輪作Ⅰ	ジャガイモ	ヘアリーベッチ	—	ヘアリーベッチ	レタス	ジャガイモ
輪作Ⅱ	ジャガイモ	ヘアリーベッチ	レタス	ジャガイモ	—	—
連作	ジャガイモ	ジャガイモ	—	ジャガイモ	—	ジャガイモ



第2-10図 輪作によるジャガイモそうか病の発病軽減効果

参考文献

1. 仲川晃生・越智直・近藤彰宏. 「微生物等を用いたジャガイモ疫病・そうか病防除技術の開発」. 日本有機農業学会自然科学系テーマ研究会「第3回有機農業技術の開発と普

- 及のあり方をさぐる」. p35-37. 2010.
2. 仲川晃生・越智直. 「酒類のジャガイモそうか病種いも伝染防止効果」. 第 11 回日本有機農業学会大会資料集. p120-123. 2010.
 3. 仲川晃生・越智直・近藤彰宏. 「ジャガイモ有機栽培条件下におけるそうか病・疫病の防除技術」. 日本土壌微生物学会. 土と微生物 64 : 144. 2010.
 4. 仲川晃生・越智直. 「市販微生物農薬のジャガイモ疫病防除効果」. 日本土壌微生物学会. 土と微生物. 65 : 141. 2011.
 5. 仲川晃生. 「市販納豆の数種ジャガイモ病害防除効果」. 日本土壌微生物学会. 土と微生物. 66 : 92. 2012.
 6. 井上康宏・仲川晃生. 「銅水和剤、微生物農薬等によるジャガイモ軟腐病防除の有効性」. 茨城大学公開シンポジウム要旨集. p37. 2012.
 7. 仲川晃生. 「ジャガイモ疫病防除に及ぼす市販微生物農薬の有効性」. 茨城大学公開シンポジウム要旨集. p38. 2012.
 8. 草野謙三. 「有機農産物出荷組織における有機 JAS 認証と継続的出荷の条件」. 茨城大学公開シンポジウム要旨集. p39. 2012.
 9. 青木一美. 「有機 JAS に適合したジャガイモ病害の防除法」. 茨城大学公開シンポジウム要旨集. p40. 2012.
 10. 仲川晃生. 「ジャガイモ有機栽培技術の開発」. 有機農業参入促進協議会編. 有機農業研究者会議 2012 要旨集. p62-65. 2012.
 11. 青木一美. 「ジャガイモ栽培における有機栽培体系の構築と実証」. 気候変動対策プロジェクト研究成果発表会要旨集. p122. 2012.
 12. 納豆エコな助っ人「ジャガイモの病害防ぐ効果」. 朝日新聞 2012 年 6 月 24 日 (神戸版). p32.
 13. 仲川晃生・井上康宏・青木一美・草野謙三・横須賀知之. 「ジャガイモ有機栽培の手引き」. 中央農業総合研究センター・茨城農業総合センター農業研究所編. p1-22. 2013.

研究担当者

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター

仲川晃生・井上康宏

茨城県農業総合センター農業研究所

青木一美・渡邊 健・草野謙三・横須賀知之

問い合わせ先

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1 電話 029 (838) 8836

茨城県農業総合センター農業研究所

〒311-4203 茨城県水戸市上国井町 3402 電話 029 (239) 7213

第3章 東海・近畿地域のとうがらし類の有機栽培技術

1. 背景

食に対する消費者の安心・安全志向の高まりから、近畿・東海地域のとうがらし類栽培農家においても、化学肥料や化学合成農薬の使用を控えた有機栽培の導入を試みる農家が増えてきています。

しかしながら、化学肥料に代わる堆肥や有機質資材の利用においては、資材中の肥料成分の含有量やその供給パターンに基づかない施用により、とうがらし類の生育に対して養分供給の過不足が生じ、その結果、生育・収量が減少する事例や土壌中に過剰な養分が蓄積する事例が認められます。

一方、化学合成農薬に代わる防除手段として、防虫ネットや太陽熱消毒等の物理的防除法は広く普及してきました。しかし、天敵製剤等を用いた病虫害防除法は、病虫害の早期発見の難しさや、天敵を有効に働かせる放飼タイミングの難しさ等から、今のところ普及には至っていません。

そこで、堆肥や有機質資材の特性を把握し、残存無機態窒素量に応じた堆肥・有機質資材の施肥方法と、病虫害の早期発見と天敵製剤の特性に応じた天敵放飼技術を明らかにし、有機栽培技術として体系化しました。

I. 東海地域における甘長ピーマンの有機栽培法

1. 栽培暦と栽培の要点

東海地域では、岐阜県の西南部に甘長ピーマンの伝統的な産地があります。有機栽培の解説の前に、この産地での一般的な甘長ピーマンの栽培について紹介します。特徴は、以下の通りです。

- (i) パイプハウスを用いたハウス栽培と露地栽培がある。パイプハウスは二重被覆構造で、定植直後は小トンネルを組み合わせた三重被覆による無加温栽培。
- (ii) 品種は伏見甘長で、12月中下旬に播種、3月中下旬に定植（露地は4月上旬以降）、収穫は4月～8月の半促成作型。
- (iii) 畦幅2m、株間50cmの1条植え、栽植株数は1,000株/10a、側枝4本仕立て、が標準的な栽培様式。
- (iv) ハウスはシュンギク、露地はナバナを組合せ品目として秋冬期に作付けするのが一般的。

本書で示す有機栽培暦は、こうした慣行の栽培体系をベースにして、ハウス栽培での有機栽培技術の体系化を試みたものです（第3-1表）。その主な内容は、以下の通りです。

- (i) 肥培管理は、鶏ふん堆肥を基肥の主体とし、菜種かすや魚かすを追肥に組み合わせた全量有機質肥料による施肥体系。
- (ii) ハウス開口部の防虫ネット被覆と天敵昆虫の利用、有機JASで使用の認められた農薬（気門封鎖剤や水和硫黄剤等）散布を組み合わせた病虫害防除体系。

以後、これまでの研究で得られた成果をもとに、これらの内容について項目毎に説明します。

第3-1表 甘長ピーマンの有機栽培暦

	3月			4月			5月			6月			7月			8月			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
	定植			収穫															
施肥	基肥	鶏ふん堆肥																	
	追肥	硫酸加里																	
病害虫防除	全害虫共通	防虫ネット被覆(目合0.4mm)																	
	アザミウマ類				アカメガシワクダアザミウマ			タイリクヒメハナカメムシ											
	アブラムシ類				コレマンアブラバチ(ハンカー法)			気門封鎖剤											
	タバココナジラミ										気門封鎖剤(発生に応じて)								
	夜蛾類										BT剤								
	うどんこ病							水和硫黄剤(発生に応じて)											

注)表中の施肥量は、平成24年度の試験における実際の施肥量(kg/10a)。

2. 施肥管理

甘長ピーマンにおいて有機栽培を行う時の施肥体系の一例です。基肥の主体に鶏ふん堆肥、追肥には魚かすまたは菜種かすを用いる場合、施肥設計は以下の手順で行います。

(i) 採卵鶏で副資材を使用していない鶏ふん堆肥現物 1t 当たりの有効窒素量は、次式によって計算します。

$$\text{窒素成分量/現物 1t} = (\text{現物窒素含有率})^2 / (1 - \text{水分率}\% / 100)$$

(例) 現物の窒素含有率 4%、水分率 20%の鶏ふん堆肥の場合

$$\text{有効窒素成分量} = 4 \times 4 \div (1 - 20/100) = 16 \div 0.8 = 20\text{kg/現物 1t}$$

(平均的な鶏ふん堆肥では、水分率は 20%程度です)

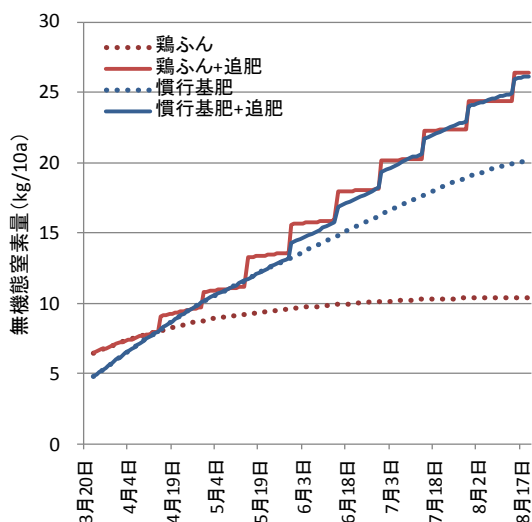
(ii) 鶏ふん堆肥による基肥窒素の成分量は 10kg/10a 程度とします(鶏ふん堆肥は速効性なので、基肥で大量に施用すると生育のバランスが崩れてしまいます)。

(iii) 不足する窒素成分は、魚かすまたは菜種かす等を使って追肥で補います。

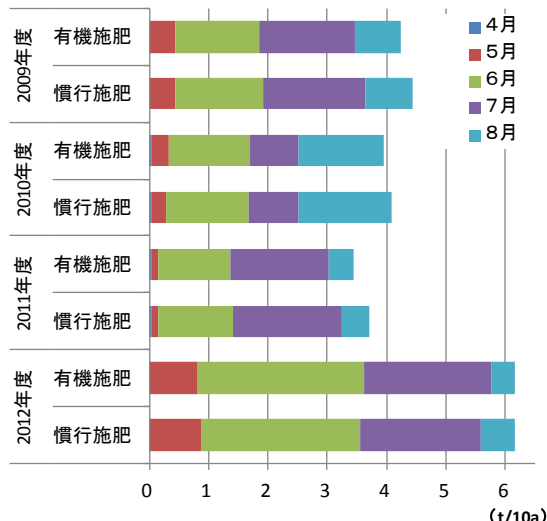
(iv) カリ等が不足する場合は、硫酸加里等を基肥に施用します(使用できる硫酸加里は、天然物質または化学的処理を行っていない天然物質に由来するもの、に限られます)。

(v) 追肥は、月 1~2 回に分けて通路や畝の肩部分(穴肥)に施用します。

(vi) 鶏ふん堆肥を連用すると土壌 pH が上昇する場合がありますが、この時は基肥を鶏ふん堆肥から菜種かす等に切り替え、以後の pH の推移を注視しましょう。



第 3-1 図 無機態窒素の累積供給量 (推定)



第 3-2 図 月別収量の比較 (2009 ~2012)

3. 雑草対策

畝は、低温期の地温確保を兼ねて黒マルチで被覆します。通路部分は敷きワラを行うと雑草の発生を抑制できます。また、初夏以降、畝部分にもマルチの上から敷きワラを行うと高温期の地温抑制効果が期待できます。

4. 病虫害対策

東海地域では、アザミウマ類、アブラムシ類、タバココナジラミ、夜蛾類等の被害が発生します。有機栽培を行う場合、まずハウスの開口部を全て目合 0.4mm 程度の防虫ネットで被覆します。その上で、さらに侵入してきた害虫に対しては各々の防除法を適用します。

(1) アザミウマ類 (ヒラズハナアザミウマ、ミナミキイロアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ)

アザミウマ類 (第 3-3 図) は 5 月以降発生が多くなり、花や幼果、芯葉等に寄生し、果実の褐変や芯葉の変形等の被害を及ぼします (第 3-4 図)。有機栽培を行う場合、アザミウマ類には、アカメガシワクダアザミウマとヒメハナカメムシ類を用いた「ブースター法」による生物防除が有効です。



第 3-3 図 ミナミキイロアザミウマ成虫



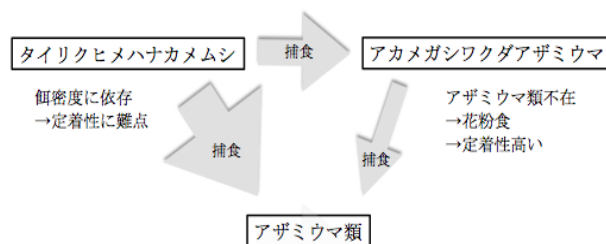
第 3-4 図 アザミウマ類による被害果

1) ブースター法とは (第 3-5 図)

(i) 花さえあれば定着できるアカメガシワクダアザミウマをヒメハナカメムシ類に先行して放飼することで栽培初期のアザミウマ類を低い密度に保ちます。

(ii) アザミウマ増加期に本種単独では防除しきれなくなった場合、ヒメハナカメムシ類を放飼することで、その後のアザミウマ類の増殖を抑制します。

(iii) アザミウマ密度が低くなっても、アカメガシワクダアザミウマがヒメハナカメムシ類の餌となるので、これらヒメハナカメムシの定着が維持され、安定して被害を軽減することができる、という天敵利用法です。

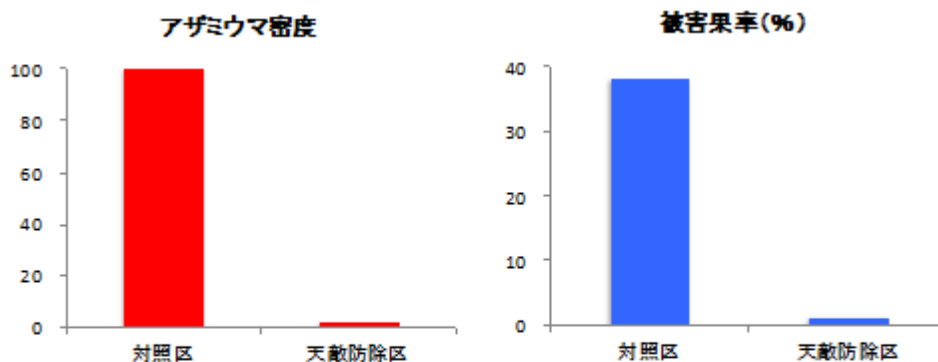


第 3-5 図 ブースター法

2) ブースター法による具体的な放飼法

(i) 開花初期の甘長ピーマン株に、アカメガシワクダアザミウマ成虫を 7~14 日間隔で 2 回放飼します。株当たり 8 頭以上放飼すると定着が良く、被害軽減に効果的です。

(ii) 粘着トラップ等にアザミウマ類の発生量が増加してきたら、10a 当たり 1,000~3,000 頭のタイリクヒメハナカメムシを数回に分けて放飼します。周辺環境によりヒメハナカメムシ類の施設内への飛込みが多い場合は、タイリクヒメハナカメムシの放飼は省略可能です。



第 3-6 図 天敵放飼による施設甘長ピーマンのアザミウマ類防除効果

アザミウマ密度 (ピーク時) : 対照区を 100 としたときの相対値

3) アカメガシワクダアザミウマの増殖技術

アカメガシワクダアザミウマ (第 3-7 図) は現時点で生物農薬として登録されていませんが、地方自治体の指導の下、採取場所と同一都道府県内に限って利用する場合は、増殖し配布しても良いという通達が出されています (20 消安 第 11885 号 環水大土発第 090302001 号)。アカメガシワクダアザミウマの具体的な増殖法は以下のとおりです。

- (i) ナス科野菜やイチゴの他、シロツメクサやアカツメクサ、ヨメナ等の雑草、チャやクリ等の木本類の花等から採集します（北海道、本州、四国、九州まで全国に分布する普通種なので容易に採集できます）。
- (ii) 採集したアカメガシワクダアザミウマを、空気穴を設け、そこに細かい目のゴースを貼った密閉性の高い容器に入れ、成虫 1 頭につき 1 日当たり 2~4 卵のスジコナマダラメイガの卵と水を供与します。
- (iii) 25℃の条件で飼育すると約 3 週間で卵から成虫となるので、これらの成虫を放飼に用います。

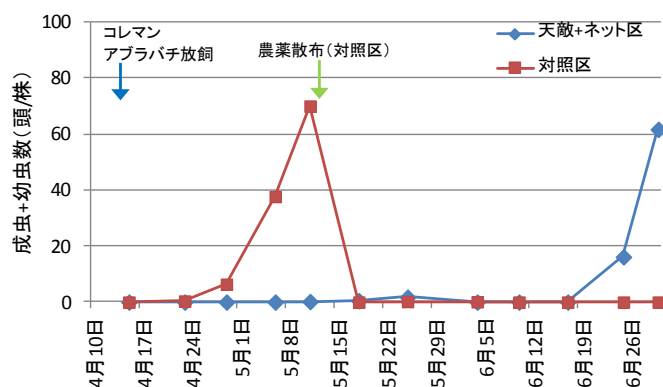


第 3-7 図 アカメガシワクダアザミウマ（左：幼虫、右：成虫）

(2) アブラムシ類

アブラムシ類は、栽培初期から発生が始まり、増殖のスピードが速く、防除が遅れると生育が止まってしまうこともあるので注意が必要です。

目合 0.4mm 程度の防虫ネットでハウス開口部を被覆し、「バンカー法」（ムギクビレアブラムシを接種したオオムギを 10a 当たり 4~6 カ所、直播きまたはプランター播きで設置し、コレマンアブラバチの定着を安定させる手法）によってコレマンアブラバチをアブラムシ類の発生前に株当たり 1 頭放飼すれば、長期間アブラムシ類の発生を抑制できます（第 3-8 図）。栽培後半、アブラムシ類が増えてきそうな場合は、気門封鎖剤（有機 JAS で使用が認められていない剤があるので要注意）を直ちに散布します。気門封鎖剤は虫体に十分かからないと効果がないので十分な量を数回、連続散布する必要があります。



第 3-8 図 アブラムシ類の発消長

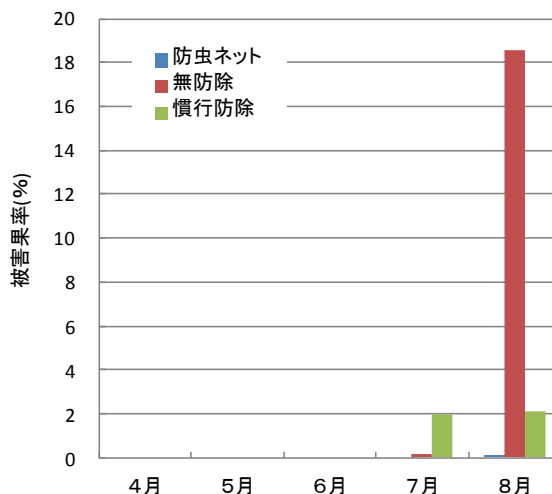
(3) タバココナジラミ、夜蛾類（タバコガ、ハスモンヨトウ（第 3-9 図））

タバココナジラミや夜蛾類は、目合 0.4mm 程度の防虫ネットでハウス開口部を被覆すれば被害を低減できます。これらの害虫は、通常、栽培終盤（7 月以降）にならないと増えてこないで、防虫ネット被覆のみで防除可能な場合もあります（第 3-10 図）。侵入が見

られた場合は、タバココナジラミに対しては有機 JAS で使用が認められる気門封鎖剤を、夜蛾類に対しては BT 剤を、早めに散布します。



第 3-9 図 ハスモンヨトウの幼虫



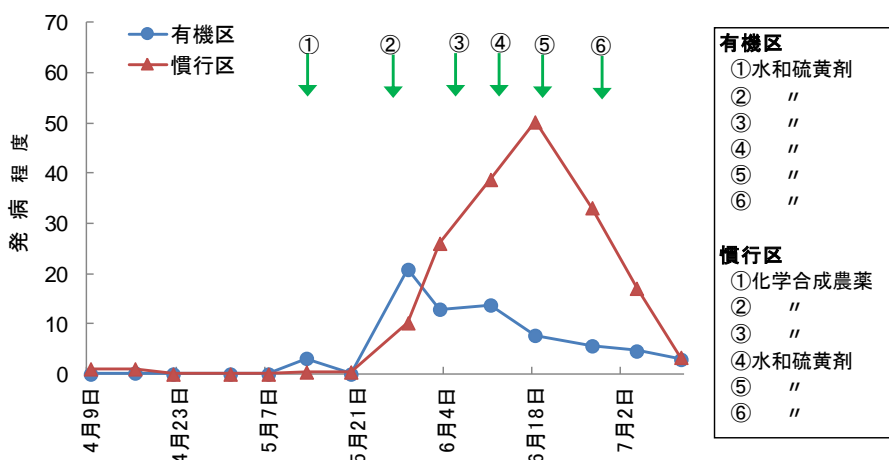
第 3-10 図 夜蛾類による被害果率の推移

(4) うどんこ病

ハウス半促成作型の甘長ピーマン栽培で最も深刻な被害をもたらす地上部病害は、うどんこ病です(第 3-11 図)。うどんこ病はいったん発生してしまうと化学合成農薬を散布しても十分な防除効果が得られません。しかし、水和硫黄剤 500 倍液を 1 週間程度の間隔で連続散布することで防除が可能です(第 3-12 図)。防除のポイントは、「初発生を見逃さず速やかに防除を行うこと」です。



第 3-11 図 うどんこ病の被害葉
写真提供：西濃農林事務所



第 3-12 図 うどんこ病の発病程度の推移

(5) 灰色かび病

灰色かび病は果実や茎に発病するので被害が深刻です(第3-13図)。茎に発病するとそこから先が枯れてしまいます。特に低温期、保温のために換気が不十分になると発病が助長されます。

灰色かび病の防除には、炭酸水素ナトリウム水溶液やバチルス・ズブチリス水和剤が使用できません。



第3-13図 灰色かび病の被害(茎)

写真提供：西濃農林事務所

(6) ピーマンモザイク病

ピーマンモザイク病の原因はウイルスです。原因となるウイルスの種類は様々であり、感染経路によって防除の考え方を分ける必要があります。感染経路には大きく2通りあります。

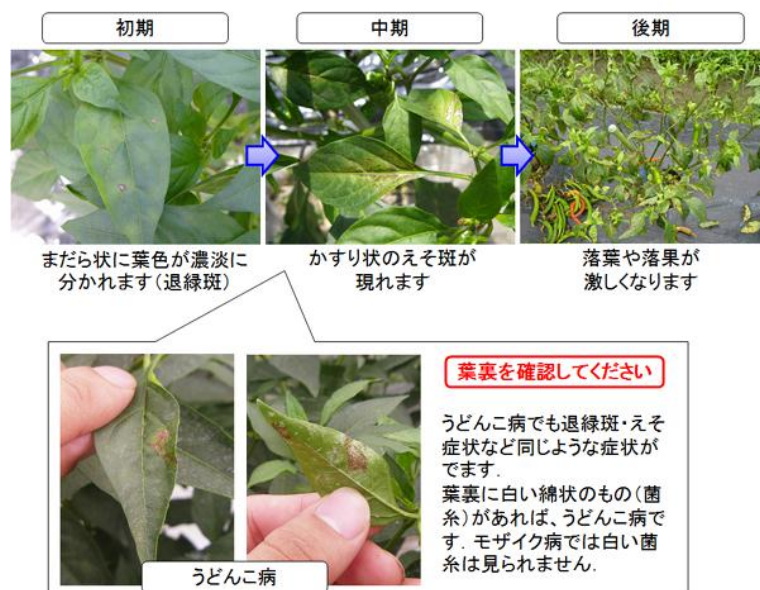
1) アブラムシ媒介・汁液伝染タイプ

【症状】主に葉色が濃淡のある斑となるのが特徴です。また、発病時にアブラムシが多発生している場合は本タイプのウイルス病であることを疑って下さい。

【防除】上述のアブラムシ防除を参照してください。また、本病は汁液によっても伝染するため、管理作業によっても伝染するため、発病株は見つけ次第抜根し、ハウス外へ除去して下さい。

2) 土壌・汁液伝染タイプ

このタイプの中でも近年、岐阜県等で顕著に発生している種類は「タバコマイルドグリーンモザイクウイルス (*Tobacco mild green mosaic virus*: 以下 TMGMV と略します)」です(第3-14図)。以降、本種の防除について記載します。



第3-14図 タバコマイルドグリーンモザイクウイルスによる甘長ピーマンに見られるピーマンモザイク病の症状

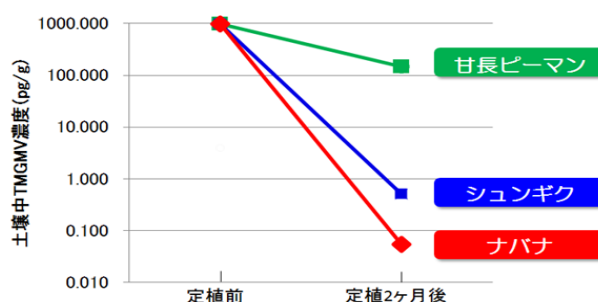
【症状】特徴的な症状として、葉に退緑斑やかすり状のえそ斑が現れます。症状が進行すると株をゆすったり、風に煽られるだけで落葉や落果し、可販収量が減少します。

【防除】

- (i) 葉にまだら症状や退緑斑、縮れなどを確認した場合、すみやかに抜根し、圃場外に除去してください。
- (ii) 感染株を摘果した際に用いたハサミなどが感染源となります。感染株を直ちに抜根できない場合は、摘果作業などを最後にする、使用するハサミを圃場内のエリアごとに分けるなどして下さい。
- (iii) TMGMV の発病を抑制する土壌中ウイルス濃度は、概ね土 1g 中に 0.1pg 以下と考えられます（第 3-2 表）。また、輪作作物を TMGMV に感染しない植物種とした場合、土壌中のウイルス濃度が極めて低下することから、輪作作物をナバナ（アブラナ科）などの TMGMV が感染しない植物種に切り替えることが有効な方法と考えられます（第 3-15 図）。ただし、感染した甘長ピーマンの主根などの残渣が多く含まれる土壌では感染残渣の分解が進まず、ウイルス濃度の低減効果が望めないため、できるだけ感染残渣を取り除いてください。

第 3-2 表 土壌中の TMGMV 濃度の違いが甘長ピーマンへの感染に与える影響

定植前の TMGMV 含量実測値 (pg/±1g)	病徴発生	TMGMV 感染状況
983.333	+	+
79.000	+	+
3.923	+	+
0.533	±	-
0.058	-	-
0.022	-	-
0.000	-	-



第 3-15 図 定植植物種の違いが土壌中 TMGMV 濃度の推移に与える影響

- (iv) TMGMV と同じ仲間のトウガラシマイルドモットルウイルスの弱毒ウイルス（商標：グリーンペパーPM）を苗時期に接種することで、落葉・落果などの病徴を緩和することができるため、弱毒ウイルスの利用も防除手段として極めて有効です（第 3-3 表）。本弱毒ウイルスは、<Post-methylbromide@naro.affrc.go.jp>に問い合わせることで入手できます。

第 3-3 表 弱毒ウイルス接種が収量・果実品質に及ぼす影響 (kg/10a)

試験区	総収量	可販収量					非可販収量			
		2L	L	M	B	合計	イモ果	落果	その他	合計
弱毒	2,971	57	605	363	962	1,987	99	0	885	984
無処理区	2,425	90	402	164	600	1,256	509	19	642	1,170

5. 技術までは至らないが参考となる試験データの紹介

(1) タバコマイルドグリーンモザイクウイルスの非宿主植物について

ピーマンモザイク病（土壌伝染タイプ）の発生を抑えるためには、土壌中の病原ウイルス濃度を下げる必要があります。その方法として、ウイルスに感染しない植物種を輪作することが有効です。

そこで、本ウイルスに感染しない植物種（非宿主植物）を検討した結果、アブラナ科などに感染しないことが分かってきました（第3-4表）。ただし、輪作作物の選定については、経済性の点からも評価が必要で、今後更に検討が必要と考えています。

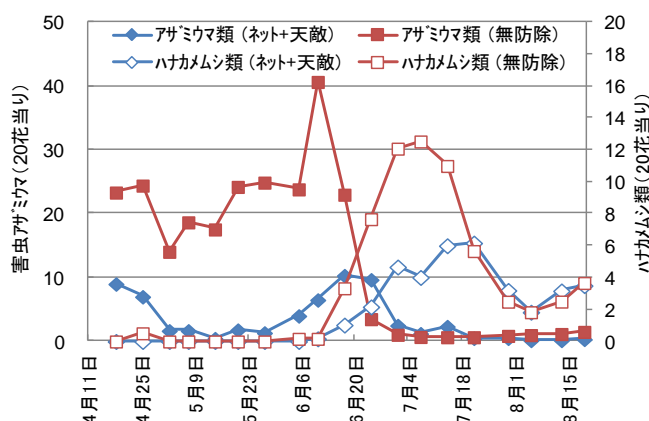
第3-4表 TMGMVの宿主範囲の検討結果

植物種	接種株上位葉	
	感染	症状
ナバナ	-	-
正月菜(別名:ツケナ)	-	-
ミズナ	-	-
ブロッコリー	-	-
飛騨紅かぶ	-	-
キャベツ(品種:金系201号)	-	-
キュウリ(品種:霜しらす)	ウリ科	-
十六ササゲ	マメ科	-
トマト(品種:サンロード)	-	-
甘長ピーマン	ナス科	+ モザイク・えそ
中葉シュンギク	キク科	+ -

(2) 土着のヒメハナカメムシ類を活用したアザミウマ類防除の可能性

甘長ピーマンを防虫ネットを使わずに無防除、またはヒメハナカメムシ類に影響の少ない農薬を使った防除体系で栽培すると、周辺からヒメハナカメムシ類がハウス内に飛んで来て、アザミウマ類を防除してあげることがあります（第3-16図）。

これなら防除にかかるコストと労力のカットとなり一石二鳥なのですが、ハウスの周りの環境によって飛んでくるヒメハナカメムシ類の量や時期が異なったりするので、安定した防除技術として確立するまでには、さらに検討を重ねる必要があります。



第3-16図 アザミウマ類とハナカメムシ類の消長

6. 経営評価

- (i) 有機体系では、慣行体系と比較して肥料費が約半分になります。
- (ii) 農薬費および諸材料費は、防虫ネットや天敵昆虫を利用するため、あわせて120千円/10a程度コストアップになります。
- (iii) 有機体系では、農薬散布の労力が削減されるため労働費が25千円/10a程度少なくなります。
- (iv) トータルすると販売単価が同一の条件では慣行体系に比べて、有機体系では農業所得が約20%減少します。したがって、同程度の農業所得を得るには、約10%高い単価

で販売する必要があります。

第3-5表 経営収支の比較（円/10a）

項 目		有機体系	慣行体系	備 考	
売上高		1,050,000	1,050,000	可販収量1,500kg、単価700円/kg	
生産費	変動費	種苗費	176,000	176,000	購入苗1000株/10a
		肥料費	22,856	42,036	有機体系：鶏ふん堆肥、硫酸加里、種粕
		農薬費	122,018	21,102	有機体系：アカカシワクダアザミウマ2回、タイリクメハナカメムシ2回、コレマン1回放飼、気門封鎖剤、水和硫黄剤等
		動力光熱費	4,300	4,300	
		諸材料費	74,980	56,164	有機体系には防虫ネットを含む
		労働費	1,095,081	1,120,236	労働費：1,677円/時間、慣行体系668時間、有機体系653時間
		賃借料	5,329	5,329	
		出荷経費	187,350	187,350	
		変動費計	1,687,914	1,612,517	
		固定費	固定費	建物費	18,393
農機具費	77,481			77,481	
固定費計	95,874			95,874	
費用合計		1,783,788	1,708,391	慣行体系を100とした場合、有機体系は104	
営業利益		-733,788	-658,391		
農業所得		361,293	461,845	慣行体系を100とした場合、有機体系は79	
1時間当り農業所得		553	691		

慣行体系は「岐阜県農業経営体育成指針(岐阜県農業経営課作成)」より引用(一部改変)。

研究担当者

岐阜県農業技術センター 野菜・果樹部
勝山直樹

問い合わせ先

岐阜県農業技術センター 野菜・果樹部
〒501-1152 岐阜県岐阜市又丸 729-1 電話 058 (239) 3133

Ⅱ. 近畿地域における伏見とうがらしの有機栽培法

1. 栽培暦と栽培の要点

近畿地域における伏見とうがらし栽培の有機栽培暦を表3-6に示しました。

この栽培暦では、施肥管理法については堆肥と有機物資材のみを用いて、とうがらしの期間別窒素要求量、施用有機物の窒素無機化割合を元に、土壤中に残存する窒素量に応じて施用する有機物施用マニュアルを作成しました(URL:<http://www.kab.seika.kyoto.jp/>)。これにより、土壌窒素の増加を抑制しつつ、慣行栽培と同程度の収量性を確保することが可能となりました。

さらに、病虫害防除管理法については、物理的防除法や有機 JAS 規格に適合した既存の

なお、土壌中の無機態窒素量 mg/100g は、Nkg/10a に換算出来ます。(例) 5.5mg/100g
= 5.5 Nkg/10a

$$\begin{aligned} \text{基肥量 (kg/10a)} &= \\ & (\text{基肥における窒素必要量} - \text{残存無機態窒素量}) \\ & \div (\text{アサヒパークの現物当たり窒素含有率} \times \text{分解割合}) \end{aligned}$$



第3-17図 牛糞パーク堆肥

(2) 追肥施用

追肥には綿実油粕 (例えば、綿実油粕、岡村製油(株)、以下、油粕、第3-18図) または有機液肥 (例えば、魚ソリューブル、日本バイオ肥料(株)、以下、液肥、第3-19図) を用います。定植の1カ月後から油粕は1カ月に1回、液肥は1カ月に2回施用し、施用量は追肥前土壌の残存無機態窒素量、基肥の施用量や追肥の施用時期により異なります。



第3-18図 綿実油粕



第3-19図 有機液肥

例えば、1回目の追肥は、

1回目の追肥量 = {追肥1における窒素必要量 - (追肥1前土壌の無機態窒素量 + 基肥から無機化する窒素量)} ÷ (追肥の窒素含有率 × 追肥1施用後1ヶ月間の窒素無機化割合) となります。

基肥及び追肥の施用量算出シート (シュミレーション) は、下のとおりです (第3-9表、第3-10表、第3-11表)。

第3-9表 とうがらしの期間別窒素要求量 (kg/10a)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	計
0	20	7.2	6.7	6.2	6.2	6.2	52.5

第3-10表 堆肥及び油かすの窒素無機化割合(%)

堆肥又は油かす	施用時期	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	合計
牛ふんパーク堆肥	12、1月	0.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	42.0
油かす1	2月			31.0	13.0	13.0	12.0	5.0	74.0
油かす2	3月				31.0	13.0	13.0	12.0	69.0
油かす3	4月					31.0	13.0	13.0	57.0
油かす4	5月						31.0	13.0	44.0
油かす5	6月							31.0	31.0

第3-11表 期間別窒素必要量・窒素無機化量(Nkg/10a)及び基肥・追肥施用量(kg/10a)

基肥・追肥	施用前土壤中の残存無機態窒素	期間別窒素施用量・窒素無機化量(Nkg/10a)及び基肥・追肥施用量(kg/10a)							合計	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月		
牛ふんパーク堆肥	窒素必要量	14.50								
	基肥施用量	3905								
	5.50mg/100g 無機化量		2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	2.42	14.50	
油かす1	窒素必要量			1.78						
	追肥施用量			95.9						
	3.00mg/100g 無機化量			1.78	0.75	0.75	0.69	0.29	4.26	
油かす2	窒素必要量				1.54					
	追肥施用量				82.6					
	2.00mg/100g 無機化量				1.54	0.64	0.64	0.59	3.42	
油かす3	窒素必要量					0.39				
	追肥施用量					21.1				
	2.00mg/100g 無機化量					0.39	0.16	0.16	0.72	
油かす4	窒素必要量						0.28			
	追肥施用量						15.3			
	2.00mg/100g 無機化量						0.28	0.12	0.40	
油かす5	窒素必要量							0.62		
	追肥施用量							33.2		
	2.00mg/100g 無機化量							0.62	0.62	
									23.92	
									248.0	

なお、栽培期間中のとうがらしの生育をよく観察し、とうがらしの草丈の伸長が遅い、分枝が少ない、葉色は薄い等、生育が悪い場合は、追肥量を増量します。

3. 雑草対策

(1) 太陽熱消毒

栽培終了後、夏期の高温を利用して、病害虫防除を兼ねて太陽熱消毒を実施します。

(2) マルチ及び防草シート被覆

畝全体を黒マルチで被覆して、地温の上昇を図るとともに、雑草を抑制します(第3-20図)。畝間に稲わらを敷いても効果があります。また、ハウス周辺に防草シートを敷いて雑草を抑えることは、病害虫の防除にも役立ちます。



第3-20図 マルチによる畝の被覆

4. 病虫害対策

伏見とうがらしのハウス栽培では、うどんこ病などの病害、アザミウマ類、アブラムシ類、ハダニ類などの発生が問題となります。これらの病虫害の発生に対して、天敵製剤を主とする市販の資材を使用して防除を行います。以下では、天敵製剤や微生物殺虫剤等について具体的に品名も例示しておりますので参考にしてください。

なお、効果的な防除を行うためには、病虫害の発生をできるだけ早く確認することが大切です。そのためには、できるだけ毎日、とうがらしの葉、新芽、花や果実を見て回りましょう。

(1) 虫害防除

1) 物理的防除 (第3-21図、第3-22図)



第3-21図 ハウスサイドの防虫ネット
(0.4mm目合い)



第3-22図 出入り口の防虫ネット

侵入した微少害虫を減らすため、黄色や青色の粘着板や粘着シート (第3-23図、第3-24図) を収穫の邪魔にならないように設置します。



第3-23図 粘着シート



第3-24図 とうがらし株の上に粘着シートを設置

2) アザミウマ類

ヒラズハナアザミウマ (体長 1.0~1.7mm) は果実、ミカンキイロアザミウマ (体長 1.1

～1.5mm)は果実や葉、ミナミキイロアザミウマ(体長0.9～1.4mm)は新葉、葉、果実で見つけることができます(第3-25図)。ただし、非常に小さいので、虫めがね等が必要です。ヒラズハナアザミウマとミカンキイロアザミウマは、黄化えそ病を媒介するので注意が必要です。



第3-25図 ミカンキイロアザミウマ成虫

- (i)アザミウマ類は定植直後から発生する可能性があるため、定植2週間後に微生物殺虫剤のボーベリア・バシアーナ乳剤、例えば「ボタニガードES」(第3-26図、第3-27図)の500倍液を1週間間隔で2回散布し、高密度発生の危険性を抑えます。
- (ii)定植1ヶ月後(花が増え始める頃)から天敵製剤「スワルスキーカブリダニ剤」(第3-26図、第3-27図)を1週間間隔で1、2回放飼します。
- (iii)高温期になる6月以降にアザミウマ類の密度が増加することがあります。



第3-26図 天敵製剤の放飼

す。粘着板やとうがらしの花などにアザミウマ類を見かけるようになったら、天敵製剤「タイリクヒメハナカメシ剤」(第3-27図)を放飼します。



第3-27図 微生物殺虫剤及び天敵製剤

なお、ボーベリア・バシアーナ乳剤はコナジラミ類に、スワルスキーカブリダニ剤はコナジラミ類やホコリダニに対しても防除効果を示します。

3) アブラムシ類

伏見とうがらしを加害する主な種類は、モモアカアブラムシとワタアブラムシです(第3-28図)。体長は2mm程度、黄色～緑色～黒色の虫が新芽や新葉に群生します。縮葉や小型葉、アブラムシが出した排泄物



第3-28図 とうがらし葉で増殖したワタアブラムシ

が光って見える葉などが、発見のポイントとなります。

アブラムシは年次により発生時期が大きく異なるため、初発を確認してからの防除になります。

- (i) アブラムシを1匹でも確認したら、発生株とその周辺の株に直ちに気門封鎖剤の脂肪酸グリセリド剤、例えば「サンクリスタル乳剤」(第3-29 図左)あるいは「アーリーセーフ」の300倍液を散布し、アブラムシが急激に増殖するのを抑えます。
- (ii) 天敵製剤「ナミテントウ剤」(第3-29 図中)をアブラムシ類の密度が高い所に重点的に放飼します。
- (iii) 天敵製剤「ナミテントウ剤」と同時あるいは数日後から、天敵製剤「コレマンアブラバチ剤」(第3-29 図右)を1週間間隔で2回程度、発生株の株元付近に開栓し静置することにより放飼します。



第3-29 図 アブラムシを対象とした防除剤 (左: 脂肪酸グリセリド剤、中: ナミテントウ剤、右: コレマンアブラバチ剤)

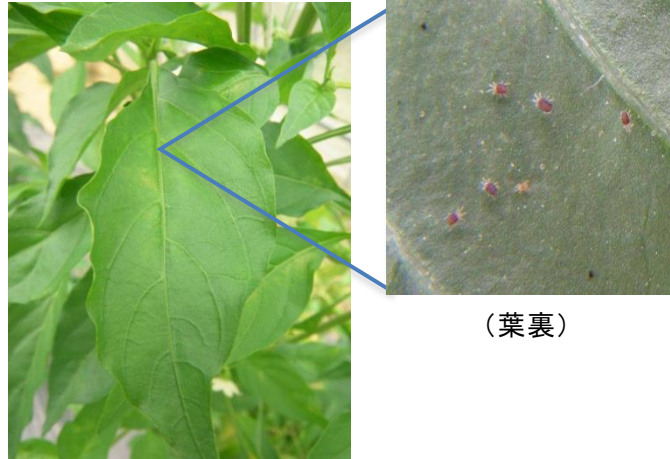
脂肪酸グリセリド剤はナミテントウシの活動を阻害するので、「ナミテントウ剤」の放飼後は、出来るだけ脂肪酸グリセリド剤を散布しない。

まれに、ジャガイモヒゲナガアブラムシやチューリップヒゲナガアブラムシが発生することがあります。その場合は、「ナミテントウ剤」又は「チャバラアブラコバチ剤」を放飼します。

4) ハダニ類

カンザワハダニ、ナミハダニが主な種類です (第3-30 図)。葉裏に寄生して吸汁するため、葉脈間が黄化し、萎凋・枯死する。高温乾燥時に発生が多くなります。

ハダニ類は5月中旬からの発生が見込まれます。この害虫には天敵製剤「ミヤコカブリダニ剤」(第3-31 図)を使います。この天敵製剤はハダニ類だけでなく花粉や微小生物を餌にしますのでハダニ類を待ち伏せて防除することが出来ます。そこで、実際の防除はハダニ発生の有無に関わらず、5月中、下旬に1回放飼します (第3-31 図)。



(葉裏)

第 3-30 図 とうがらしの葉裏にいるハダニ



第 3-31 図 ミヤコカブリダニ剤ととうがらし株での放飼状況

(2) 病害防除

1) うどんこ病

葉の裏面に薄い霜状のかびを生じ、やがてその部分の表面は退色して淡黄色の斑紋を生ずる病害です(第 3-32 図)。病状が進むと落葉しやすくなり、病状が激しいときは株の先端のみを残して落葉します。

防除は、定植直後から栽培期間を通じて硫黄粒剤をくん煙処理します。定植直後は薬害が出やすいので、定植 2 週間後から、1 日当たり 2~3 時間、専用の「電気加熱式くん煙器」を使ってくん煙処理します。



第 3-32 図 うどんこ病に罹病したとうがらし葉

2) 太陽熱消毒

栽培終了後、夏期の高温を利用して、雑草対策を兼ねて太陽熱消毒を実施します。

5. 経営評価

有機栽培と慣行栽培の経営試算額を第3-12表に示します。有機栽培では慣行栽培と比較して、肥料費と農薬費は多くなりますが、労働経費が少なくなりました。

- (i) 10a 当たりの肥料費は 25 千円～38 千円多くなりました。
- (ii) 10a 当たりの農薬費は天敵製剤を使用するため、82 千円程度多くなりました。
- (iii) 10a 当たりの農薬散布の時間が 14 時間短縮されるため、労働経費は 11 千円少なくなりました。

総合的に見ると、販売単価が同一の条件では有機栽培での農業所得が減少しました。従って、開発した有機栽培で慣行栽培と同程度の農業所得を得るためには、販売単価を 3% 上げる必要があります。

第3-12表 経営試算額（10a 当たり）

	項目		慣行栽培	実証有機栽培 (油かす追肥)	実証有機栽培 (有機液肥追肥)	
粗 収 益	生産物販売額	可販収量 4,000kg 単価 900円	3,600,000	3,600,000	3,600,000	
	種苗費	購入苗 1200株	120,000	120,000	120,000	
生 産 費	肥料費		37,025	62,000	75,000	
	農薬費		22,100	104,000	104,000	
	光熱動力費	暖房費等	1,057,500	1,057,500	1,057,500	
	諸材料費		197,400	197,400	197,400	
	変 動 費	雇用者労働時間(時間)				
		家族労働時間(時間)		1,347	1,333	1,333
		労働単価(円/時間)		820	820	820
	労働経費		1,104,540	1,093,060	1,093,060	
	出荷経費		648,600	648,600	648,600	
	変動費小計		3,187,165	3,282,560	3,295,560	
	固 定 費	農機具費		197,383	197,383	197,383
		建物費		305,100	305,100	305,100
		水利費		10,000	10,000	10,000
		賃料・料金				
		土地改良費				
固定費小計		512,483	512,483	512,483		
支出合計		3,699,648	3,795,043	3,808,043		
営業利益		-99,648	-195,043	-208,043		
農業所得		1,004,892	898,017	885,017		
1時間当たりの農業所得		746	673	664		

固定費については京都府作成の「農業経営・生活指導指標」から引用(一部改変)

研究担当者

京都府農林水産技術センター生物資源研究センター応用研究部

山崎むつみ

問い合わせ先

京都府農林水産技術センター生物資源研究センター応用研究部

〒619-0244 京都府相楽郡精華町大字北稻八間小字大路 74 電話 0774 (93) 3527

第4章 バイオフィューミゲーションを取り入れた

ホウレンソウ、ナス等の有機栽培技術

1. 背景

慣行栽培から有機栽培への移行を図る場合、土壌病害虫が大きな障害となりますので、化学農薬を用いない土壌病害虫対策技術が求められます。慣行栽培では、数々の土壌消毒剤が利用できますが、有機栽培では使用できません。そこで、ふすまなどの分解しやすい有機物を土壌混和してから灌水・被覆して土壌を還元状態にする土壌消毒法（土壌還元消毒）と、アブラナ科植物等を鋤き込んで同様に灌水・被覆するバイオフィューミゲーション（生物的くん蒸）を用います。

2. バイオフィューミゲーションについて

「バイオフィューミゲーション」の本来の意味は、アブラナ科の植物の輪作や鋤き込みにより、その後の栽培において土壌病害虫が抑制される現象（または土壌病害虫を抑制する技術）です。昨今、その意味は有機物一般の鋤き込みによる有益な効果にも広げられています。

本書では、アブラナ科植物であるカラシナを栽培して鋤き込む、あるいは、ブロッコリーの収穫後残渣やダイコンの選果時に出る規格外の残渣などを鋤き込んだ後に、灌水・被覆・密閉して土壌を還元化させることにより、バイオフィューミゲーションと土壌還元消毒の効果をともに取り入れた技術を紹介します。エンバクなどを鋤き込んで同様な処理をしても同じような効果が得られます。

以下では、ホウレンソウとナスについて、バイオフィューミゲーションを取り入れた有機栽培技術を例示するとともに、エンバクを用いたキスジノミハムシ対策について解説します。

3. ホウレンソウの有機栽培

（1）栽培暦と栽培の要点

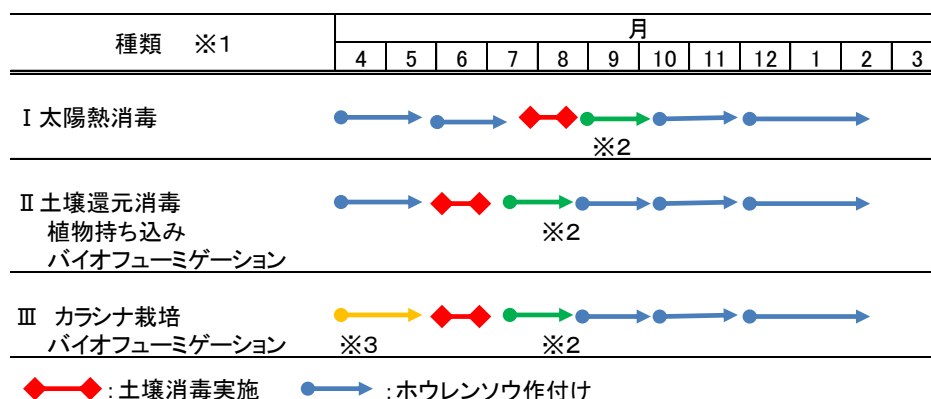
1）基本的な考え方

冷涼な気候を好むホウレンソウは、夏期の高温により生産が不安定になるとともに、萎凋病発生リスクが高まるため夏期は栽培適期とは言えません。そこで、本書では、夏期は高温でも安定生産が可能なコマツナやチンゲンサイを輪作作物として導入する、あるいは土壌還元消毒の実施期間とし、他の時期にはホウレンソウを栽培することを基本形とします。夏期のホウレンソウ栽培を否定するものではありません。

2）作付け計画

第4-1図は作付け体系の例です。初夏から夏期に、土壌還元消毒と夏期輪作品目のコマツナ・チンゲンサイを栽培体系に組み込むことで、ホウレンソウが年4作栽培可能になり

ます。市場流通を想定した場合、消費者の受容価格帯で採算が取れる時期は、11月から6月までで、年3作を想定しています。



第 4-1 図 夏期に土壌消毒と夏期輪作作物を組み込んだ有機ホウレンソウ栽培体系例

注) ※1 : I は、太陽熱消毒を組み込んだ場合、II はふすま等による還元消毒、カラシナを持ち込み実施するバイオフューミゲーションを組み込んだ有機ホウレンソウ栽培体系、III は、カラシナをハウス内で栽培しバイオフューミゲーションを組み込んだ有機ホウレンソウ栽培体系。

注) ※2 : 夏期には、コマツナ、チンゲンサイなど（夏期輪作作物）との代替も可能。

注) ※3 : バイオフューミゲーションに利用するカラシナを栽培。

3) 施設装備

ハウスは、近紫外線カットフィルムで被覆します。これにより、アザミウマ類やアブラムシ等の微小害虫の飛び込み防止、立枯性病害予防や生育促進効果が期待できます。

防虫対策として目合い 0.8~0.6mm の防虫ネットをハウス出入り口、サイド開口部に展張します。目合い 1mm ではキスジノミハムシが侵入しますので注意が必要です。さらに、出入り口には、P0



第 4-2 図 「虫返し」の設置状況

フィルム等で高さ 20cm 程度の「虫返し」を設置し、ハスモンヨトウ等の匍匐（ほふく）性害虫の侵入を防ぐ必要があります(第 4-2 図)。

4) 施肥

ホウレンソウケナガコナダニは、油粕を好むため、魚加工肥料のような油粕を含まない

有機質肥料を選択する方が望ましいです。

土壌中の残存無機態窒素と施肥による窒素の合計値が、1a 当たり 1.5kg あれば十分な収量が得られます。したがって、土壌分析により土壌中の無機態窒素量を把握し、窒素施用量を決める必要があります。

5) 品種

べと病発生への恐れのある秋播き、初夏播き栽培には、耐病性品種を用います。供試した品種の中で、秋播き栽培では、収量及び草姿の面から「クロノス」、「トラッド 7」が有望です。また、初夏播き栽培では、収量性の面から「セブンアール」、「プリウス」が有望で、草姿及び取扱いの面から「サマースカイ」、「サマートップ」、「プリウス 7」が有望です。

6) 雑草および土壌病害対策

ハウレンソウの生産が不安定な、初夏から盛夏に土壌還元消毒を実施します。ハウス内の外縁部に雑草が再生するため、早めに除草することで、ほぼ 1 年間栽培に支障を及ぼさない水準に雑草を抑制することができます。さらに、土壌還元消毒を連年実施することで、雑草の発生は減少します。また、ハウレンソウ萎凋病をはじめとする土壌病害の防除効果が期待できます。

7) 夏期輪作作物

ハウレンソウの生産が不安定な初夏から盛夏に、輪作作物として、耐暑性に優れるコマツナまたはチンゲンサイの作付けを行います。耐暑性には品種間差があり、高温による徒長や、チップバーンなど生理障害が発生することがあります。供試した中で、コマツナでは「はっけい」、「奈々子」が、チンゲンサイでは「夏帝」、「夏八仙」が収量性および形状が優れます。

(2) 施肥管理

1) 土づくり

ハウレンソウ栽培の場合は施設栽培で連作となるので、土壌の養分含量が極めて富化しやすくなります。年間 1a 当りのたい肥の適正な施用量は 200~400kg で、完熟たい肥を全面に施用します。たい肥の施用は、土壌の腐植含量の分析値を基に施用量を決め、土壌（鈣質土壌の場合）の腐植含量の目標値を 7~8% とします。

留意点

- (i) ハウス栽培では、閉鎖的環境になるため、未熟なたい肥の施用は、急激な分解によるガス障害の発生する恐れがあり注意が必要です。また、過剰に投入すると環境へ負荷を与えるだけでなく、土壌の養分過剰やアンバランスにより生育が阻害され、農作物の品質が低下するので注意が必要です。
- (ii) 未熟なたい肥の施用は、ハウレンソウケナガコナダニの発生を助長する恐れがあるため、注意が必要です。

2) 施肥（有機質肥料の効果的な使い方）

有機質肥料（第4-3図）を化学肥料の代替として利用します。ハウレンソウの1作当たり必要な窒素量は1.5kg/a程度です。土壌中の無機態窒素を測定し、不足分を有機質肥料で補います。

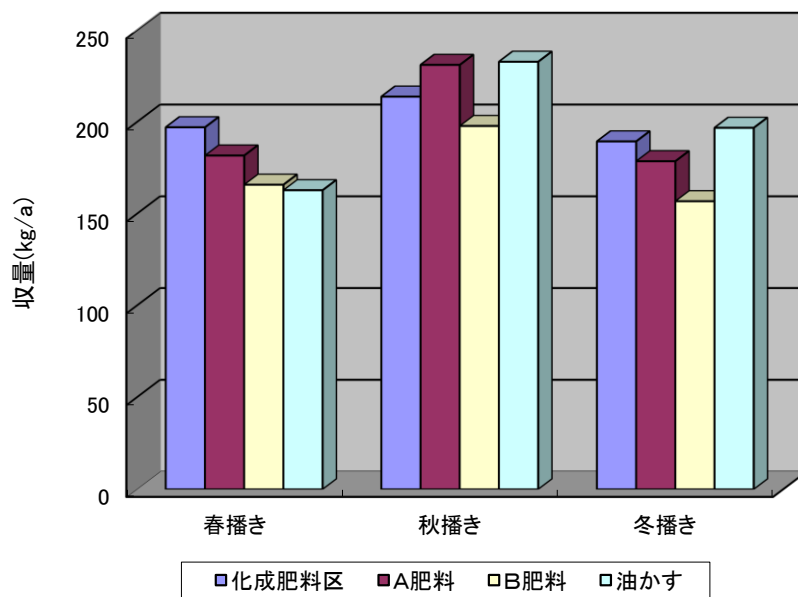
特に窒素の土壌への過剰な蓄積は、品質への悪影響も懸念されるので有機質肥料等を適正に施用する必要があります。



第4-3図 有機質肥料の一例

(i) 有機質肥料の施肥方法

3種類の有機質肥料（魚加工肥料、三種配合肥料、油かす）を化成肥料と同じ窒素施肥量で栽培した場合、収量は年間を通してほぼ同等であり、主な有機質肥料で化成肥料の代替は可能です（第4-4図）。



第4-4図 供試資材毎の時期別収量

注 1) 施肥窒素量は、土壌の残存窒素量を考慮せず一律施肥（春、冬播き：0.7 kg/a、秋播き：0.35 kg/a）

一斉に収穫調査したため、生育が遅い区は収量が少なくなっている時期があるが、適期収穫では収量はほぼ同等になると考えられる。

2) A肥料（魚加工肥料：魚粕、米ぬか等配合）

3) B肥料（三種配合肥料：なたね、魚粉、皮粉等配合肥料）

春播き及び秋播きのハウレンソウの収量は、1作当たり窒素量（播種前の作土の無機態窒素＋施肥窒素）が1.0kg/a以上でほぼ一定となり、冬播きのハウレンソウの収量も窒素量が1.5kg/a以上で横ばいとなります。1作当たりの窒素量は1.5kg/aが適当量です。

(ii) 施肥量の計算

施肥量は、作付け前に土壌中の無機態窒素量を測定し、不足分を有機質肥料で補うという考え方で算出します。

1 作当りの窒素量 (1.5kg/a) — 作付け前の土壌中無機態窒素量 = 施肥窒素成分量

有機質窒素の施用量 = 施肥窒素成分量 ÷ 使用する有機質肥料の窒素保証成分 (%) × 100

※土壌の無機態窒素の測定機材には、RQフレックスや農大式簡易土壌診断キットなどがあります。

(iii) 鶏糞を有機質肥料として施用する場合

鶏糞を有機質肥料の代わりに施用する場合は、鶏糞の窒素濃度や肥効率などで施用量が変わるため注意が必要です。

鶏糞を利用しながら養分過剰のリスクを避け、農産物を長期間栽培し続けるためには、鶏糞の施用量は、窒素量だけではなく、過剰になりやすい石灰やリン酸の量も参考にして決める必要があります。

(iv) 土壌還元消毒を行った場合の施肥

ふすまを 1a 当たり 100kg 用いた土壌還元消毒後の作付けでは、ふすまの分解により 1.5kg/a 程度は窒素の肥効が期待できます。そのため消毒直後には施肥の必要はありません。

留意点

(i) 有機質肥料にはカリ含量が少ないものがありますので、土壌中の交換性カリウムが少なくなった場合には、草木灰などでカリウムを補う必要があります。

(ii) ホウレンソウケナガコナダニの被害が発生しやすいハウスでは、油かすが含まれる有機質肥料の施用は控える必要があります。

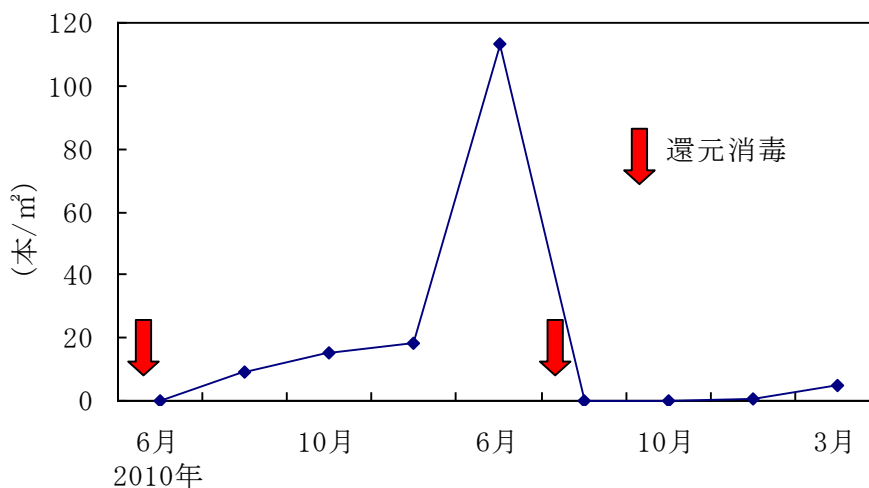
(3) 雑草・病害虫対策

1) ふすま、米ぬかを用いた雑草抑制技術

(i) 技術の概要

土壌にふすま、または米ぬかを 1a 当たり 100kg 混和し、土壌表面に水溜りができるまで十分に灌水した後に透明フィルムで密閉し、地温 30℃以上を確保します。被覆後数日すると微生物の働きにより土壌の酸素が急激に奪われ、還元状態になります。このような土壌の還元状態と太陽熱による高温の効果により、雑草種子や多くの土壌病害虫が死滅し、防除効果が得られます。

ハウスの出入り口やハウス内外縁部に雑草が再生しますが、早めに抜き取ることで、ほぼ1年間栽培に支障を及ぼさない水準に雑草を抑制することができます。さらに、土壌還元消毒を連年実施することで、雑草の発生は減少します(第4-5図)。また、ホウレンソウ萎凋病をはじめとする土壌病害の防除効果が期待できます。



第 4-5 図 還元消毒後の雑草発生の推移 (場内試験)

(ii) 実際の技術

(a) 資材の準備

ふすままたは、米ぬか 1a 当たり 100kg、灌水施設、被覆用の透明フィルム (穴が開いていなければ再利用品でよい)、フィルム押さえ用資材 (水を封入したポリダクトや直管パイプ、垂木など)。

(b) 主要技術を核とした技術・作業体系

ハウレンソウの栽培が不安定な初夏から盛夏にかけて、土壌還元消毒を実施し、夏期輪作作物としてコマツナ、チンゲンサイの作付けを行い、その他の時期にハウレンソウを作付ける体系 (第 4-1 図) を想定しています。

(c) 現行の太陽熱消毒との違い

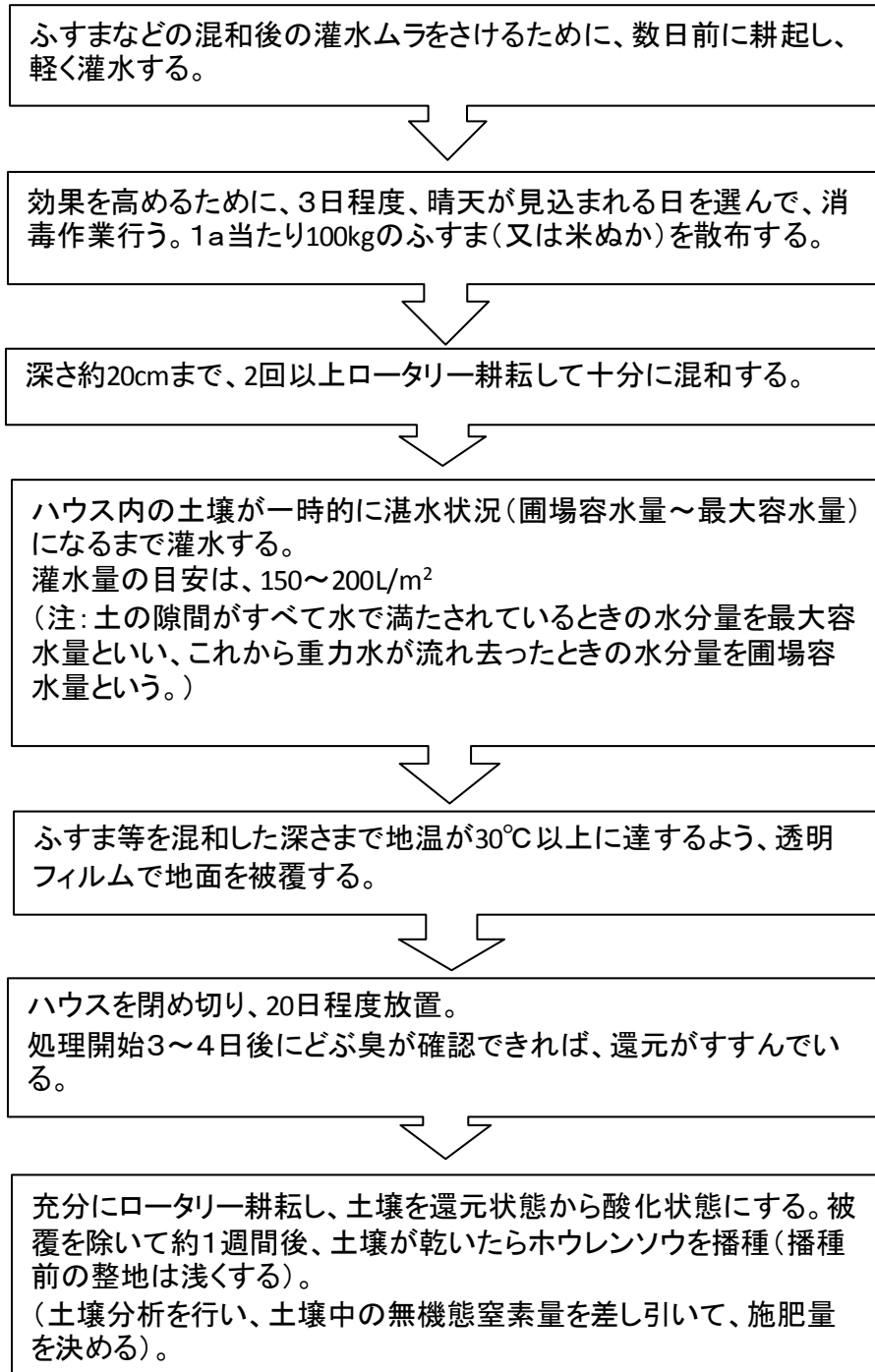
第 4-1 表に、土壌還元消毒と太陽熱消毒との技術上の相違点を示しました。

(d) 作業手順

第 4-6 図に作業手順を示しました。

第 4-1 表 土壌還元消毒と太陽熱消毒との技術上の相違点

内 容	土壌還元消毒	太陽熱消毒
施用する有機物	ふすま、米ぬか、糖蜜	稲ワラ、麦ワラなど粗大有機物
灌水量	一時的に湛水状態になるまで大量灌水	土壌水分60%程度まで灌水
必要な地温	30℃以上	40～45℃以上
必要な期間	20日程度	1か月以上
地表面	還元状態にするため平らに整地する	地温上昇を促すため小畝を作る



第4-6図 ふすま、米ぬかを用いた土壌消毒の手順

(iii) 留意点

(a) よくある失敗事例

灌水時に、一時的な湛水状態が維持できないような、排水良好な圃場、傾斜地圃場では、効果は期待できません。

出入り口周辺やハウス内外縁部は、効果が劣るため雑草が再生しやすくなります。

(b) 導入上の留意点 (失敗しないために)

実施時期：地温 30℃以上を安定的に確保するため、5月末から9月下旬まで（平均気温 20℃以上の時期）に行います。効果を高めるためには、3日程度、晴天が見込まれる日を選んで、消毒作業を行います。

ハウスの密閉期間：通常 20日間密閉します。7月から8月の高温時には10日間で防除効果が得られます。ただし、ハウレンソウ萎凋病を対象とする場合は、地温 40℃以上での状態が 72時間以上継続することが必要なため、密閉期間内に最高気温が 30℃を超える日が7日以上あることが目安となります。

高温時の対処：夏期の高温時には、ハウス内の機材及び資材が高温により劣化する可能性があるため、天窗や側窓の一部を開けてハウス内の温度を下げておかまいません。ただし、気温の下がる夜間は閉めます。

2) カラシナの鋤き込みによるハウレンソウの萎凋病対策

(i) 技術の概要

夏期栽培のハウレンソウでは、萎凋(いちょう)病の多発生により大きな被害が生じています。この病害の対策には土壌消毒が有効です。従来、農薬による土壌くん蒸や熱水土壌消毒が行われていましたが、環境にやさしい防除技術として、カラシナの茎葉を土壌に鋤込んで病原菌を殺菌する方法を開発しました。カラシナには、その名のとおり辛み成分が含まれています。カラシナ茎葉を切断して土壌に鋤込むと、カラシやわさびに含まれている成分であるカラシ油配糖体(グルコシノレート)の一種であるシニグリンが分解されて、アリルイソチオシアネート(AITC)が生成されます。この成分には殺菌作用があり、これが土壌中を揮発・拡散し、病原菌を殺菌します。また、カラシナの分解時に生じる含硫化合物のジメチルジスルフィド等も病原菌の密度低減及び活性低下に関与している可能性があります。さらに散水をして土壌を還元状態にすると土壌還元消毒と同じ効果が発揮されます。

(ii) 実際の処理

第4-7図と第4-8図に、実際の作業手順を示しました。

(a) 圃場の整備

圃場に硬盤がある場合、垂直方向の透水性が悪くなるのでカラシナ播種前にサブソイラを施工します。

(b) カラシナ播種と栽培

カラシナの品種は AITC 含有量の多い「黄からし菜」を用います。播種量は 0.5g/m²程度です。5月下旬～6月初旬の播種であれば、その前にハウレンソウを1作栽培できます(第4-9図)。

ハウスではハウレンソウの肥料が残っているのでカラシナのための施肥は不要です。生育の後期には生育が旺盛になるので、水不足にならないように灌水します。

(c) カラシナの鋤き込み

開花期の7月中旬頃(播種45日後を目安)に鋤き込みます。この時期は梅雨明け後の高温で、地温が高くなるので有効です。

鋤き込み時のカラシナの草丈は1.5m前後と高くなるので、刈り払い機などで主茎を30~50cmに切断してから、トラクターのロータリーでできるだけ深く鋤き込みます。ハンマーナイフモアと使うと茎葉が細かくなりすぎて鋤き込み作業中にAITCが揮発してしまい、作業者の目にも刺激が強いのので使用しないほうが望ましいです。

鋤き込み時に、ハウレンソウ用の施肥もしておきます。

カラシナを鋤き込んだ後にローラーで鎮圧すると還元状態になりやすいです。

5月末~6月初旬、消毒するハウスでカラシナを播種

開花がそろそろまで栽培(約45日)

刈り払い機などで茎葉を細断、トラクター等で土壤に鋤き込み(同時にハウレンソウの施肥)

散水チューブを敷設し、上から透明フィルムで被覆、縁を押さえてから飽和するまで散水。

ハウスを閉め切り、3週間放置(土壤中の病原菌を殺菌)

被覆を除いて約1週間後、土壌が乾いたらハウレンソウを播種(播種前の整地は浅くする)

第4-7図 カラシナ鋤き込みの手順



開花したカラシナ



茎葉を刈り払い機で細断



トラクターで鋤き込み



散水チューブで散水し、3週間被覆

第4-8図 写真で見るカラシナの鋤き込み手順

栽培体系

4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
	ハウレンソウ	カラシナ栽培	鋤込	ハウレンソウ	ハウレンソウ		

第4-9図 カラシナを組み込んだ栽培体系

(d) 散水と被覆

散水チューブの間隔はハウスの傾斜程度により変えます。平坦地では50cm、傾斜がある場合は25cmくらいに狭くします。傾斜ハウスでは、散水速度が速いと水が土壌表面やフィルム裏面に沿って流れやすいので、速度を遅くします。傾斜が急な場合は、散水量を均一に補正する点滴チューブを使用します。散水量は100~150L/m²です。散水により土壌水分が圃場容水量以上になることが望ましいので、pFメーターで確認するとよいでしょう。被覆して数日~1週間後にフィルムをめくってドブ臭（ドブのにおいのような悪臭）がすると還元状態になったと判断します。

被覆するフィルムはハウス用の透明フィルムの使い古しでもかまいません。ハウスの周縁は直管パイプ（直径32mm以上）や水を封入したポリダクト（直径10cm）で押さえます。傾斜ハウスの低い側には畦畔板（波板）などを深くまで設置し、灌水した水がハウス外へ流れないようにします。

ハウスは閉め切ってできるだけ地温を上げるようにします。被覆期間は3週間程度です。還元状態にならなくて曇雨天が続く場合は、数日~1週間延長します。

(e) 被覆の除去とハウレンソウ播種

被覆除去後、カラシナが混和されていない土壌の深い部分は殺菌効果が低いので、ハウレンソウ播種時に土壌表面はできるだけ浅く耕起・整地するにとどめて下さい。カラシナの茎は太いので分解せずに残ることがありますが、播種に悪影響はありません。

被覆期間が3週間以内の場合、被覆を除去してすぐにハウレンソウを播種すると草丈がやや低く抑制されることがあるので、被覆除去後、1週間程度経過してから播種して下さい。

(iii) より効果を上げるために

(a) カラシナの鋤き込み量は5kg/m²以上が望ましいです。

(b) 鋤き込み中、還元状態を正確に把握するには酸化還元電位を測定します。簡易に把握するには土壌中の水に二価鉄イオン試験紙を浸して発色程度で見る方法があります。

(c) 鋤き込み中、土壌が還元状態になった場合は、地温30℃以上の積算時間が約280~300時間に達すると高い殺菌効果が認められるので、鋤き込み中の地温を計測し、鋤き込み期間の目安にすることが望ましいです。

(d) 土壌が還元状態にならない場合は、カラシナの効果だけでは十分ではないので地温上昇効果を併用します。被覆期間を延長するか、地表面を被覆してからトンネル枠などを刺して、その上にも被覆すると地下深くまで地温が上昇して効果が增强されます。地温40℃以上の積算時間が200時間に達すると熱による殺菌効果が高くなります。

(iv) その他の注意点

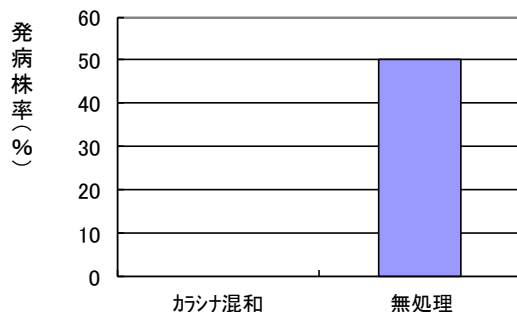
- (a) 散水チューブを使わないで鋤き込む方法もあります。カラシナ鋤き込み後、ハウスに設置されているスプリンクラーで一晩散水し、翌日被覆し、還元状態にした場合、AITCが揮発してしまい、その効果は低下するものの、発病を無処理の4割程度に抑制します。
- (b) カラシナ鋤き込み消毒の副次的な効果として、イヌビユ、スベリヒユ、スギナの少発生条件ではある程度の雑草抑制作用もあります。しかし、イヌビユの多発圃場では無効です。
- (c) 作業時間とコスト：カラシナ播種、機械での鋤き込み作業は1名でできますが、散水チューブの設置とフィルム被覆には最低2名必要です。10a当たりの時間は約20時間です。経費の目安は第4-2表のとおりです。
- (d) 防除効果の持続性：カラシナ鋤き込み後、萎凋病の少ない状態で年内に2作栽培できます。翌年の春の1作目は低温のため、まだ萎凋病は発生しませんが、病原菌は徐々に増加し、2作目終了時では無処理の半分程度の密度に復活してきます。

第4-2表 カラシナ鋤き込みの経費

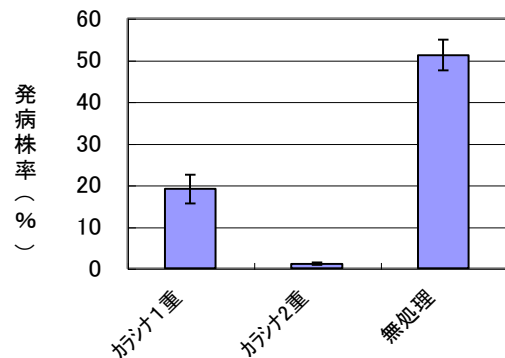
項目	金額(10a当たり)	備考
種子代	2,071	品種:黄からし菜、播種量:0.5kg/10a、
鋤込み材料費	4,475	灌水チューブ(スミチューブ)等
鋤込み動力費	2,228	刈払い機、トラクター燃料費
鋤込み家族労働費	33,605	時給1705円×19.71時間
合計	42,379	

(v) 防除効果の一例

- (a) カラシナを鋤き込んでフィルムで1重被覆し、還元状態にした場合は萎凋病に対して高い防除効果が認められます(第4-10図)。



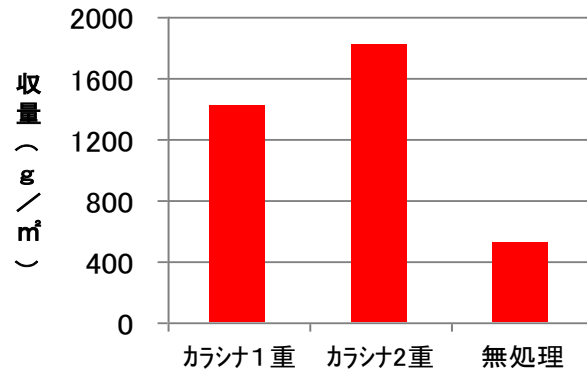
第4-10図 カラシナ鋤き込みと還元化によるハウレンソウ萎凋病の防除効果



第4-11図 カラシナ鋤き込みと2重被覆によるハウレンソウ萎凋病の防除効果(非還元条件)

(b) 1重では還元状態にならない場合は、2重に被覆して地温を上げることで防除効果が向上します(第4-11図)。

(c) カラシナ鋤き込み後のハウレンソウ収量は2重被覆で1821g/m²と無処理区の3.5倍に増加しました(第4-12図)。1重でも1414g/m²と無処理区の2.7倍に増加しました。



第4-12図 カラシナ鋤き込み後のハウレンソウ収量

3) ダイコン残渣をバイオフィューミゲーションに利用したハウレンソウの有機栽培

(i) 技術の概要

本技術は、バイオフィューミゲーションに用いるアブラナ科植物に、ダイコン産地の選果場から出る残渣を用いるものです。ダイコンはカラシナには及びませんがその分解過程で生じる抗菌成分(イソチオシアネート類等)(第4-13図)により、土壌中の病原菌の活性を低下させます。有機物としてダイコンを用いて土壌を還元させることにより、バイオフィューミゲーションと土壌還元消毒の組み合わせ効果が期待できます。



第4-13図 ダイコン磨砕液の揮発抗菌物質試験状況(左:水、右:ダイコン)

注) ダイコン磨砕液の上に、ハウレンソウ萎凋病病原菌を培養した培地をかぶせ、密封状態で25℃で培養。

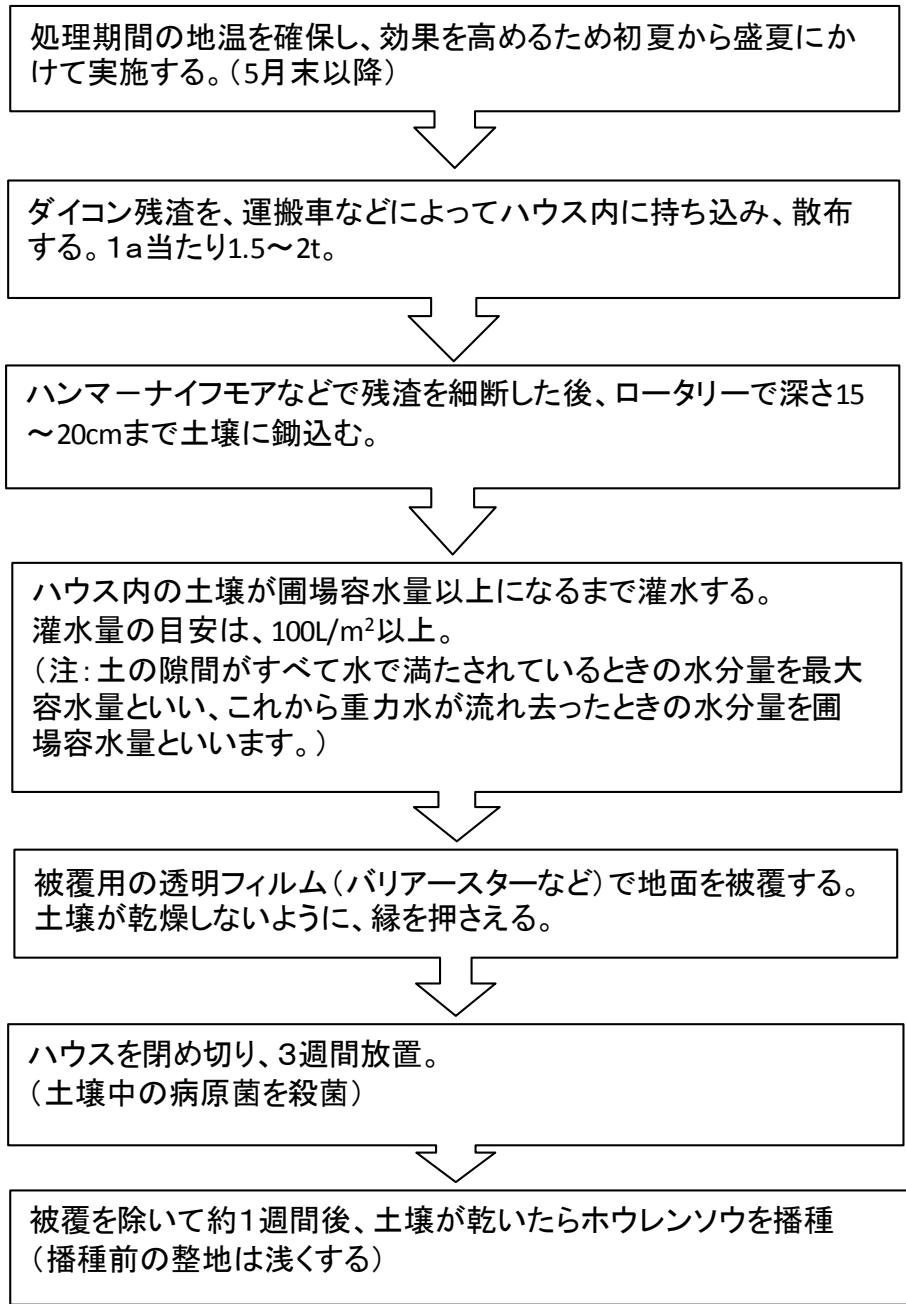
(ii) 実際の技術

(a) 資材の準備

ダイコン残渣(1.5t~2t/a程度)、被覆用の透明フィルム(気体を通しにくい難透過性のバリアースターは軽量で取り扱いが容易)、フィルム押さえ用資材(水を封入したポリダクトや直管パイプ、垂木など)

(b) 作業手順

第4-14図および第4-15図に作業手順を示します。



第 4-14 図 ダイコン残渣を用いたバイオフィューミゲーションの手順



①選果場からのダイコン残渣



②ハンマーナイフモアで細断



③耕耘→灌水→直ちにフィルムを被覆



④ハウスを密閉する

第4-15図 ダイコン残渣を使ったバイオフィューミゲーションの手順

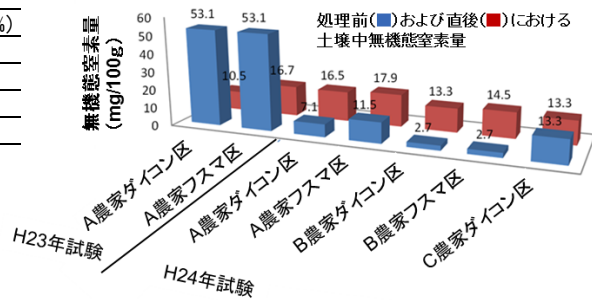
(c) 肥料成分の変化

ダイコン残渣を用いたバイオフィューミゲーションの前後における土壌中無機態窒素量の変化の例を第4-16図に示します。ダイコン残渣を1.5~2t/a投入した場合、処理前の窒素量にかかわらず、処理後にはハウレンソウ1作分の窒素分(1.5kg/a)が残ります。

試験を行ったハウス土壌

	土壌	pH	全炭素(%)	全窒素(%)
A農家(2011年)	埴壤土	5.5	6.99	0.55
A農家(2012年)	埴壤土	6.0	5.36	0.42
B農家(2012年)	軽埴土	5.2	2.68	0.23
C農家(2012年)	埴壤土	5.8	4.14	0.35

ダイコン残渣 1.5~2t/a で、約 1.5kg/a の窒素が投入される。

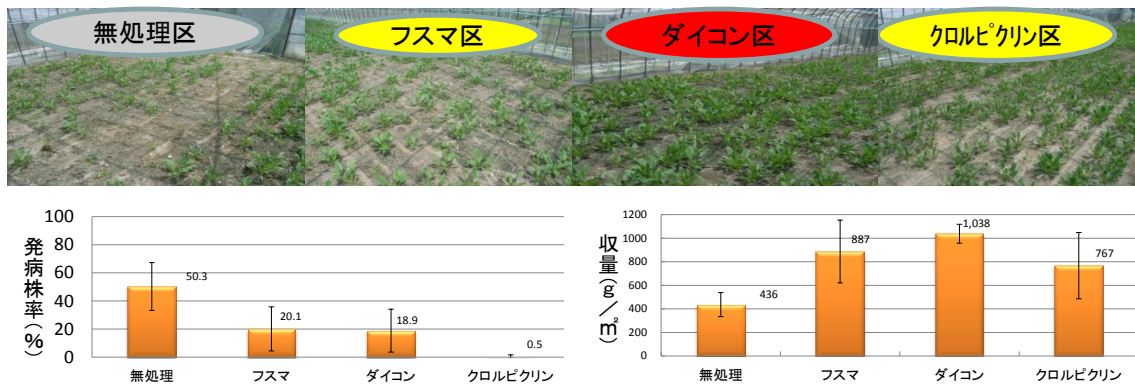


B F直後には、ハウレンソウ1作分の窒素分(1.5kg/a)が残る

第4-16図 バイオフィューミゲーション(BF)前後における土壌中無機態窒素量

(d) 現行との比較

現行の土壌消毒剤(クロルピクリン剤)およびふすまを用いた土壌還元消毒との効果の比較の例を第4-17図に示します。



第 4-17 図 各処理後のホウレンソウ萎凋病防除効果と収量の比較

(iii) 留意点

(a) 導入上の留意点 (失敗しないために)

実施時期：土壤還元消毒同様に地温 30℃以上の確保ができる時期が望ましいです。地温が高い方が、防除効果が上がります。温度が低いと効果がありません。地温 30℃以上の安定確保のため、5 月末から 9 月下旬まで (平均気温 20℃以上の時期) に行います。効果を高めるために、3 日程度、晴天が見込まれる日を選んで、消毒作業を開始します。

圃場：バイオフェューミゲーションでは、粗大有機物を土壤に投入するため、土壤物理性の改善効果も期待できる反面、圃場内に均一散布することも大切です。

灌水：処理時の圃場への灌水は、10t/a 以上が目安です。灌水時に水が溜まらないような、排水良好な圃場、傾斜地圃場では、効果が得られにくいです。土壤還元消毒同様に、水分が不足すると、防除効果が望めません。出入り口周辺やハウス外縁部は、効果が劣ります。処理を行った直後の栽培では、施肥の必要はありませんが、2 作目以降は、土壤診断に基づく肥培管理が基本です。処理後の土壤は、暗黒色を呈す場合があります、ホウレンソウ栽培中に灌水の要不要の判断に注意します。

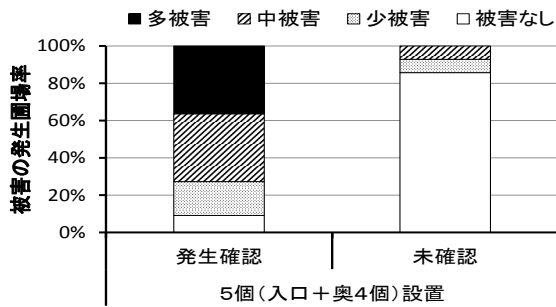
4) 冬期天井ビニール除去や土壤還元消毒とコナダニ見張番によるコナダニ管理技術

(i) 技術の概要

ホウレンソウケナガコナダニ (以下、コナダニ) は、雨除けハウスでの発生が多く、露地では少ないことが分かっています。これは、降雨等により土壤条件が変化することで、コナダニの増殖が抑制されるためと考えられています。そのため、冬期の間 (概ね 12 月～2 月)、使用しないハウスの天井ビニールを除去し、降雨にさらすことで、春期のコナダニ被害を抑制することが可能です。また、土壤還元消毒を実施することで、コナダニ抑制効果が半年～1 年間期待できます。

これら技術は、ハウス内のコナダニの生息密度により効果の持続性が異なると考えられるため、「コナダニ見張番」を使ってコナダニの発生をモニタリングします。コナダニ見張番は、山口県が開発した簡易トラップで、コナダニを現地でモニタリングできるため、コナダニの発生を的確に把握し適期防除に繋げることで被害の発生を予め抑えることができ

ます（第4-18図、第4-19図）。



第4-18図 播種前にコナダニ見張番を設置した場合の被害発生圃場率



第4-19図 商品化されたコナダニ見張番

(ii) 実際の技術

(a) ハウス天井のビニール除去

12月上旬に天井のビニールを除去します。2月末に天井のビニールを被覆します。

(b) コナダニ見張番によるモニタリング

播種前の確認作業：2月下旬～3月上旬の播種前に「コナダニ見張番」を1ハウス当たり5個以上設置し、1～2日後にコナダニの生息密度を調査します。

播種後の確認作業：播種前にコナダニが確認できなかった場合でも、2葉期から4葉期に「コナダニ見張番」を1ハウス当たり5個以上設置し、コナダニの密度を調査します。

(c) 次の作型における確認作業（播種前から播種後）

6月までの作型では、コナダニ見張番によるモニタリングを継続して行います。

(d) 夏期の対策

7月～8月はコナダニの被害が発生しにくいいため、「コナダニ見張番」によるモニタリングは実施しません。

(e) 秋期の対策

9月末～11月の作型では、コナダニによる被害が発生しやすいため、上記(c)に示した「コナダニ見張番」によるモニタリングを行います。

(iii) 留意点

(a) よくある失敗事例

土壌表面が長期間の積雪に覆われた場合、コナダニ抑制効果は認められていません。そのため、冬期における積雪期間が長い（概ね1カ月以上）地域では、天井ビニールの除去による対策では、コナダニの抑制効果は期待できません。

コナダニの発生はハウス内でも偏りがあります。そのため、ハウス入口や乾きやすい場所を中心に「コナダニ見張番」を5個以上設置する必要があります。

(b) 導入上の留意点（失敗しないために）

冬期ビニールの除去や土壌還元消毒によるコナダニ抑制効果は、コナダニの生息密度や

各ハウスの土壌状況等によって異なります。過去にコナダニ被害が生じたハウス及びその近隣のハウスでは、「コナダニ見張番」によるモニタリングを行う必要があります。

夏期に使用しないハウスの天井ビニールを除去し、さらにハウスサイドを開放しておく、秋にコガネムシ類の被害が増加するため、注意が必要です。

5) ホウレンソウで発生する病害虫と有機栽培での対応策の例

バイオフィューミゲーションによりホウレンソウの主要病害である萎凋病は大きく抑制できます。しかし、他の病害虫が発生する場合がありますので、有機栽培での対応策の例を次ページの第4-3表に示しました。

第4-3表 ホウレンソウで発生する病害虫と有機栽培での対応策の例

区分	病害虫名	対応策
病害	立枯病	太陽熱消毒、還元消毒
	株腐病	太陽熱消毒、還元消毒
	萎凋病	太陽熱消毒、還元消毒 紫外線カットフィルム 根の除去 夏の栽培の回避
	モザイク病	ネットによるアブラムシ侵入防止 アブラムシの項参照 周辺雑草の除去等ほ場衛生
	べと病	抵抗性品種 適正施肥の実施 灌水量の適正化と夕方の灌水を避ける
	害虫	ケナガコナダニ
トビムシ		残渣処理 ハウス内および周辺雑草除去 気門封鎖剤・JAS有機適応剤の導入
ハスモンヨトウ		JAS有機適応剤の導入(BT水和剤、パイオセーフ) ネットによる侵入防止 フェロモンによる大量誘殺(広域、コンフューザーV、ヨトウコンH) 黄色蛍光灯による忌避 手で除去
ヨトウ類		JAS有機適応剤の導入(BT水和剤) ネットによる侵入防止 手で除去 ハウス内および周辺雑草除去
シロオビノメイガ		防虫ネット 手で除去
ネキリムシ		ネットによる侵入防止 土壤耕耘 手で除去
アザミウマ類		JAS有機適応剤の導入(スピノサド水和剤、ボタニガードES) ネットによる侵入防止 ハウス内および周辺雑草除去 ハウスサイドに黄色粘着テープ設置 天敵農薬(スワルスキー、ククメリス、タイリク、オリスターA等)
アブラムシ類		ネットによる侵入防止 シルバーテープ設置 ハウス内および周辺雑草除去 気門封鎖剤(サンクリスタル乳剤、粘着くん液剤)・JAS有機適応剤の導入 天敵農薬(アフィデント、アフィパール、アブラバチAC等)の導入 天敵のバンカー導入
ヒメクロユスリカ		残渣処理 ネットによる侵入防止
ハクサイダニ		ネットによる侵入防止 気門封鎖剤・JAS有機適応剤の導入 ハウス内および周辺雑草除去
ヤサイゾウムシ		ゾウムシ捕獲用トラップの導入(近畿中国四国農業研究センター「コマツナ無農薬ハウス栽培マニュアル」) ハウス内および周辺雑草除去
野鼠・モグラ等		ネットによる侵入防止 ハウス内および周辺雑草除去
害虫全般		ほ場衛生の励行(侵入の防止)

注) 対応策の中に商品が含まれますが、一例です。

ホウレンソウに発生する主な病害虫

区分	病害虫名(病原菌名)	病徴・害虫・被害	区分	病害虫名(病原菌名)	病徴・害虫・被害
病害	立枯病 <i>Pythium</i>		害虫	シロオビノメイガ	
	株腐病 <i>Rhizoctonia solani</i>			ネキリムシ	
	萎凋病 <i>Fusarium oxysporum</i>			アザミウマ類	
	モザイク病 (ウイルス病)			アブラムシ類	
	べと病 <i>Peronospora spinaciae</i>			ヒメクロユスリカ	
害虫	ホウレンソウ ケナガコナダニ		ハクサイダニ		
	トビムシ		ヤサイゾウムシ		
	ハスモンヨトウ		野鼠・モグラ		

問い合わせ先：山口県農林総合技術センター 農業技術部 資源循環研究室

(4) 経営評価

カラシナを用いたバイオフィューミゲーションのコスト試算例を第4-4表に示しました。播種、鋤き込み作業は1名でできますが、散水チューブの設置とフィルム被覆には最低2

名必要です。10a 当たりの時間は約 20 時間です。

第 4-4 表 カラシナ鋤き込みと慣行との比較

	項 目	慣 行	カラシナ 鋤込み	備 考	
支 出	変 動 費	カラシナ種子代	0	2,071	播種量0.5kg/10a
		カラシナ鋤込み材料費	0	4,475	灌水チューブ(スミチューブ)
		カラシナ鋤込み動力費	0	2,228	カラシナ鋤込み燃料費
		カラシナ鋤込み家族労働費	0	33,605	時給1,705円×19.71時間
		カラシナ鋤込み費小計	0	42,379	
		種苗代	12,300	12,300	
		肥料代	23,622	23,622	
		農薬代	4,586	0	
		光熱動力費	16,238	16,238	電気、水道、軽油、ガソリン他
		諸材料費	20,000	20,000	ビニールフィルム等
		出荷販売経費	186,385	186,385	集出荷所利用料、運賃、予冷費他
		販売手数料	17,287	17,287	市場手数料
		小農具	2,027	2,027	播種機、その他
		家族労働費	37,732	37,732	時給1,705円×22.13時間
		雇用労賃	30,000	30,000	
	変動費小計	350,177	387,970		
	固 定 費	機械	30,894	30,894	トラクター等の償却、修繕費
		施設	72,628	72,628	
		固定費小計	103,522	103,522	
	支 出 合 計		453,699	491,492	カラシナ鋤込みで支出37,793円(慣行の9.8%)増加

注) 出荷販売経費、販売手数料等は粗収益に応じて変動するが、ここでは同額とした。

4. ナスの有機栽培 — 露地ナス有機栽培におけるアブラナ科野菜等を利用したバイオフィューミゲーションによるナス青枯病防除技術—

(1) 露地ナス有機栽培におけるバイオフィューミゲーション

ナス青枯病は、*Ralstonia solanacearum* によって引き起こされる細菌性の土壌病害です。この病害は根から感染し、発病すると急激なしおれが現れ、病名のとおり青枯症状となります。防除するためには抵抗性台木を利用するほか、土壌消毒を行う必要があります。慣行栽培では数々の土壌消毒剤が利用できますが、有機栽培では土壌消毒剤は使用できません。

そこで、有機物としてアブラナ科植物であるカラシナの直接鋤き込みやブロッコリーの収穫後残渣の鋤き込みによるバイオフィューミゲーションと、土壌還元消毒を組み合わせた土壌消毒技術を開発しました。

(2) 露地ナス有機栽培での栽培方法

夏秋ナスの青枯病対策として、バイオフィューミゲーション＋土壌還元消毒技術を行う場合、ある程度の地温を確保する必要があるため、土壌処理を行うのは5月下旬からとなり、

慣行栽培と比べてナスの定植が遅くなります（第4-20図）。

月 旬	2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月					
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			
作業	○			○			○			▽			▽																				
	カラシナ播種			ブロッコリー収穫			BF処理			BF処理終了																							
栽培													▽			□			□			□			□			□			□		
													定植			収穫															栽培終了		

注)BF:バイオフューミゲーション

第4-20図 露地ナス作型に適応したバイオフューミゲーションと栽培管理

(3) 具体的な処理方法

1) 圃場準備

(i) 圃場

～カラシナ利用の場合～

2月下旬から4月上旬までにカラシナを播種します。

～ブロッコリー残渣利用の場合～

土壤消毒を行う場所、もしくはその近辺でブロッコリーを通常栽培します。

(ii) カラシナ、ブロッコリー残渣の鋤き込み

5月下旬にカラシナ、ブロッコリー残渣をトラクター等で鋤き込みます（カラシナ 4～8 kg/m²、ブロッコリー残渣 5～7 kg/m²）（第4-21図）。この時、あまり細かく裁断しなくても効果はあります（第4-22図）。鋤き込んだ後に透明フィルムで被覆するので土壌表面はできるだけ均平にすることが必要です。土壌水分量は水の浸透をよくするため、可能であれば約25%程度（土を握って崩れない程度）に調整しましょう。



第4-21図 アブラナ科植物の鋤き込み（左:カラシナ、右:ブロッコリー残渣）



第 4-22 図 アブラナ科植物の鋤き込み時の目安（左：カラシナ、右：ブロッコリー残渣）

2) 圃場への散水

本技術を効果的に行うためには、圃場へ散水する水の量が成否を分けるといっても過言ではありません。目安は水田のような状態（100～200L/m²）とお考えください。

(i) 圃場周辺の準備

処理を行う圃場は、一定期間湛水状態（水田のような状態）を維持する必要があります。圃場周辺に土手を作り、処理した水が流れ出さないようにするとより効果的です。

(ii) 散水チューブの設置の場合

散水チューブを使用する場合、水圧が低すぎると十分量の散水ができないなど、散水ムラが生じるため、水圧を確認しましょう。散水チューブを約 50 cm 間隔で圃場へ均一に敷設します。その後、散水チューブから、水が均一に散水されているか確認してください。

3) 透明フィルムの被覆

透明フィルムは破れていなければ使用済みの透明フィルムでも効果はあります。ただし、破れている箇所は農業用テープ等で補修し、空気の流入が無いようにしてください。

(i) フィルムの種類

フィルム内の温度を上げるため、透明フィルム利用での温度効率が良好です。また効果の向上を図るためには、被覆下のガスが透過しにくい難透過性フィルムを利用することも可能です。

(ii) 被覆方法

圃場に十分量散水できたら、直ちに透明フィルムで被覆します。散水チューブ利用の場合は、予め透明フィルムで被覆した後、散水することもできます（第 4-23 図）。

(iii) フィルム周辺の処理

被覆期間中にフィルムが剥がれてしまうと効果が見込めません。そのため、フィルム周辺を土で被覆し、踏み固める等を行ってください。折径 15～20 cm のポリダクトに水を入れて水枕を作ることも効果的です。



第 4-23 図 透明フィルム被覆と散水チューブ設置の状況

(iv) 処理期間

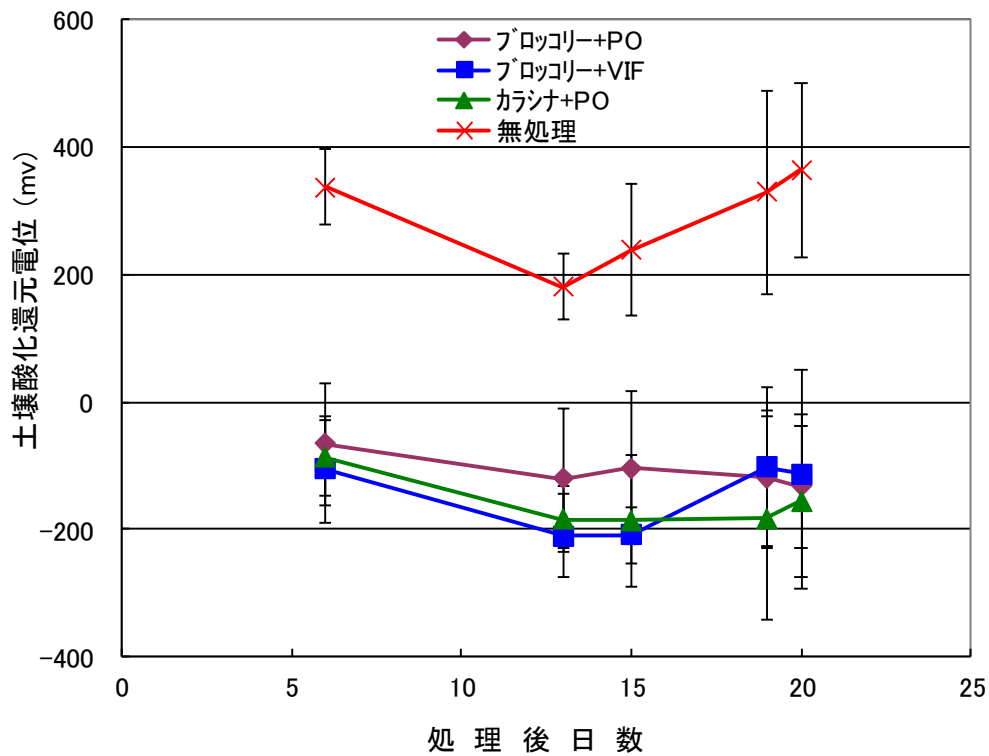
露地ナス青枯病の場合、5月下旬処理で約3週間必要です。

(v) 土壌温度

地温は深さ約20cmで30℃程度必要です。そのため、処理開始時に気温が低い場合は7日程度処理期間を延ばす等の工夫が必要な場合があります。

(vi) 効果の途中確認

土壌の還元化が進むと特有の臭気が発生します。また、酸化還元電位計などを利用すると土壌の還元化が数値でわかります(第4-24図)。



第 4-24 図 鋤込むアブラナ科植物別および被覆フィルム別による土壌還元消毒処理時の土壌酸化還元電位の推移(2011年)

PO: 農 PO フィルム, VIF: ガス難透過性フィルム

4) 処理後の作業

土壤消毒終了後は、透明フィルムを取り外します。

(i) 土壤還元化の確認方法

土壤が還元されると、灰緑色に土壤の色が変色していますので、目視で確認できます。

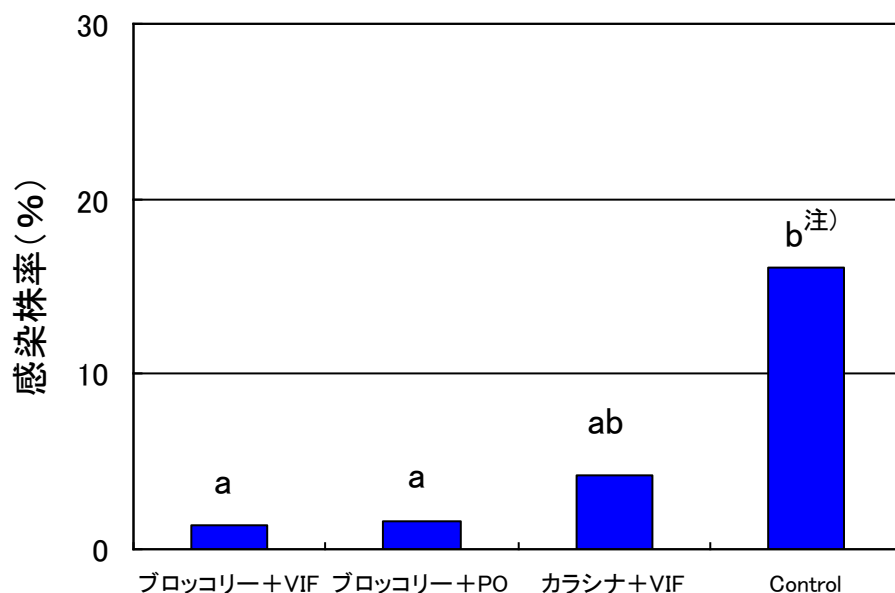
(ii) 耕起

土壤の水分が耕起できるくらいになれば、土壤を耕起して、通常の深さまで土を元の状態に戻します。このとき、消毒土壤周辺の未消毒部分の土が入らないように注意してください。また、予め土壤消毒面積を広め取ることも有効です。

(iii) 定植までの期間

栽培できる程度の土壤水分量になり、還元状態が元通りに戻れば栽培可能です。

ブロッコリーまたはカラシナを鋤き込んで処理した場合のナス青枯病に対する防除効果の例を第4-25図に示します。



第4-25図 鋤き込むアブラナ科植物別および被覆フィルム別によるナス青枯病感染株率 (2012年)

PO: 農POフィルム, VIF: ガス難透過性フィルム

注) 同一の英小文字間には Tukey-Kramer test により有意差 (5%水準) がない。

(4) 施肥管理

(i) 露地ナスの場合、処理に使用したアブラナ科植物の肥料としての効果は、処理後の気象条件にもよりますが、ほとんど見込めません。通常施肥を目安に行ってください。

施肥設計の一例を第4-26図に示します。

(ii) 基肥はナス定植の1~2週間前に窒素成分量で30kg/10a程度を施用し、耕耘してください。

(iii) 追肥は1回当たり窒素成分量3kg/10a程度を7~10日間隔で生育、収量の状況を見

ながら施用してください。

(iv) 有機質肥料は化学肥料に比べ肥効が緩慢で成分の低いものが多いことを考慮した上で土壌診断に基づき施肥管理を行ってください。

	資材	2月			3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
作業				○	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	▽	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
施肥例	菜種油粕(kg/10a)	300													560				60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60		
	焼成骨粉(kg/10a)	25													110																
	草木加里(kg/10a)	25													25																
	硫酸加里(kg/10a)																		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		

注)○カラシナ播種 xバイオフューミゲーション処理 ▽定植 -管理 □収穫 ※6月中旬から9月中旬までの有機物施用量は24年度試験における実際の施用量

第4-26図 露地ナス作型に対応したバイオフューミゲーション後の施肥モデル

(5) 経営評価

夏秋ナスの作付け前にカラシナ等の鋤き込みと土壌処理を行うため、別途経費が掛かります(第4-5表)。また、フィルム被覆の際には最低2名の作業員が必要となり、作業時間は10a当たり40時間程度必要です。

第4-5表 露地ナスの生産費試算(10a当たり)

項目		慣行農業	実証有機農業
生産費	種苗費(円)	100,200	107,950
	肥料費(円)	116,731	125,406
	農薬費(円)	118,104	80,750
	光熱動力費(円)	18,360	26,720
	諸材料費(円)	48,799	127,499
	家族労働時間(時)	1,366	1,299
	労働単価(円/時)	800	800
	労働経費(円)	1,092,800	1,039,200
	変動費小計(円)	1,494,994	1,507,525
	農機具費(円)	383,267	383,267
	固定費小計(円)	383,267	383,267
	支出合計(円)	1,878,261	1,890,792

有機栽培では、使用できる化学農薬が限られているため、圃場周辺でのソルゴーとマリーゴールド等を組み合わせたバンカープランツ栽培等による天敵の活用が重要となります。また、天敵だけでは十分に防除できないヨトウガ等については、微生物農薬を定期的に散布し、密度を低く保つ必要があります。

(6) その他の注意すること

- (i) 水はけが良すぎる圃場での利用は避けてください。
- (ii) カラシナ、ブロッコリー残渣で効果が確認できていますが、その他のアブラナ科植物では効果を確認していません。

(iii) 使用する農業用水は最低でも農業用水基準を満たした水を使用してください。

(7) 露地ナスで発生する病害虫と有機栽培での対応策の例





ナスの有機栽培で発生する病害虫と対応策の例を第4-6表に示しました。





第4-6表 ナスに発生する病害虫・雑草とその対応策の例

作物		病害虫名	有機栽培での対応	
ナス	病害	青枯病 <i>Ralstonia solanacearum</i>	抵抗性台木+バイオフューミゲーション 抵抗性台木+土壌還元消毒 ナス科作物以外と輪作	
		半身萎凋病 <i>Verticillium dahliae</i>	抵抗性台木+バイオフューミゲーション 抵抗性台木+土壌還元消毒 ナス科作物以外と輪作	
		うどんこ病 <i>Sphaerotheca fulginea</i>	脂肪酸グリセリド(サンクリスタル) 炭酸水素カリウム, 重曹	
		害虫	ハダニ類	脂肪酸グリセリド(サンクリスタル) 被害葉除去 カブリダニ製剤(スパイカル, スパイデックス, スワルスキー等)放飼(施設) オクラ, フレンチマリーゴールド植栽による土着天敵増強
			ハスモンヨトウ	BT剤 卵塊・若齢幼虫集団捕殺 黄色灯 簡易防虫ネット被覆
			オオタバコガ	BT剤 被害果除去 黄色灯 簡易防虫ネット被覆
	ミナミキイロアザミウマ		バンカープランツ+天敵昆虫 タイリクヒメハナカメムシ(タイリク等)放飼(施設) パーベナ等による土着天敵増殖と放飼 スワルスキーカブリダニ(スワルスキー)放飼(施設) オクラ植栽による土着ヒメハナカメムシ相増強 フレンチマリーゴールド植栽によるヒメハナカメムシ増強 ソルゴー障壁による侵入抑制 ポーベリアバシアーナ(ポタニガードES)散布 メタリジウム製剤処理	
	アブラムシ類		脂肪酸グリセリド(サンクリスタル) ソルゴーによる捕食性天敵相増強 コレマンアブラバチ(アフィパール)放飼+バンカー(アフィバンク)(施設) ショクガタマバエ(アフィデント)放飼(施設) バンカー(ソルゴー)によるショクガタマバエ増強(施設) ギフアブラバチ放飼(施設)	
	ニジュウヤホシテントウ		ほ場内外のイヌホオズキ温存(おとり植物) 成虫, 幼虫, 卵塊捕殺	
	チャノホコリダニ		敷きワラによるカブリダニ類増強 スワルスキーカブリダニ(スワルスキー)放飼(施設)	
	雑草		メヒシバ	マルチ+刈り払機
			スベリヒユ	マルチ+手による抜き取り

注) 農薬の黒字は一般名。青字は商品名ですが、一例です。

ナスに発生する主な病害虫

区分	病徴・害虫・被害	
病害	青枯病 <i>Ralstonia solanacearum</i>	
	うどんこ病 <i>Sphaerotheca fuliginea</i>	
害虫	ハダニ類	
	ハスモンヨトウ	

区分	病徴・害虫・被害	
害虫	オオタバコガ	
	ミナミキイロアザミウマ	
	アブラムシ類	
	ニジュウヤホシテントウ	

問い合わせ先：徳島県立農林水産総合技術支援センター 農業研究所

5. エンバクを利用したコマツナのカスジノミハムシ対策

(1) カスジノミハムシについて

成虫（第4-27図）は、体長2mm内外の甲虫で中央部に黄褐色の三日月形の斑紋が1つずつ縦にあります。コマツナの本葉が出始めてから食害します。食痕は1mm前後の丸形で、葉が生長すると裂孔状となることから、商品価値が著しく低下します。

本虫の発生及び加害は、春播き栽培（4～5月播種）と夏播き栽培（6～7月播種）に多く見られます。



第4-27図 カスジノミハムシ

(2) エンバクを利用した処理例

エンバクを本圃で栽培して鋤き込む方法と別の圃場で栽培して本圃に持ち込む方法が考えられます。本書では別の圃場で栽培したエンバクを本圃に持ち込む方法（第4-28図）を中心に紹介します。

月	3			4			5			6			7			8		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
本 圃 マ ツ ナ ・ 処 理											処 理 開 始	処 理 終 了	播 種	→	→	收 穫		
別 圃 場 バ ク			播 種	→	→	→	→	→	→	→	刈 取							

第 4-28 図 処理方法の例

(3) 実際の技術

1) 資材の準備

エンバク種子 10a 当たり 4~6kg、土壌被覆用透明フィルム（穴が開いていなければ再利用品でよい）

2) 作業手順（第 4-29 図）

(i) エンバクの栽培

エンバクを 3 月頃に播種し、糊熟期（出穂から約 1 ヶ月後）まで栽培します。

(ii) エンバクの刈り取りおよび持ち込み

収穫にあたってはコンバインを用いると便利です。コンバインはワラ排出部のカッターを使わない方が、エンバクを長いまま取り扱えるので運搬しやすいです。

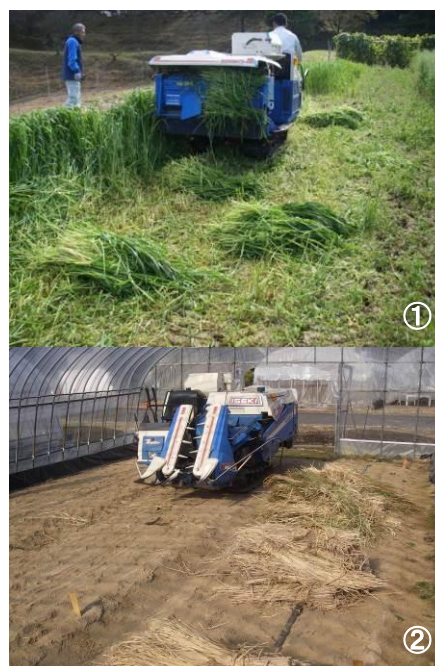
(iii) エンバクの細断

エンバクを本圃に持ち込み、チップパーやコンバインで細断します。予めエンバクを本圃に並べてからコンバインを移動させながら細断すると効率的です。

なお、本圃でエンバクを栽培した場合も、コンバインによる細断ができます。

(iv) エンバクの投入

エンバクを細断し圃場に散布した後、ロータリー耕により、15 cm 以上の深さに均一に混和します。耕耘はハウスの隅までよく混ざるようにします。鋤き込み量の目安は 1 m² 当たり約 3kg です。また、灌水ムラがで



第 4-29 図① 処理手順

きないよう圃場は平らにしておきます。なお、前もって乾燥エンバクを用意する場合、1㎡当たり約300gを鋤き込み、同様に処理します。

(v) 灌水チューブとフィルムの設置

エンバクを土壌混和した後、灌水ムラができないように灌水チューブを60cm～1m間隔に設置し、速やかに透明フィルムで被覆します。この際、被覆フィルムの周縁部に折径20～30cmのポリダクトを敷設し、水を封入すると効果的です。

(vi) 灌水量および処理期間

必要な水の量は約20mm（普通に灌水する程度）、目安となる期間は7日です。

(vii) 耕耘

処理後は、透明フィルムや灌水チューブを取り除き、浅く耕耘します。土壌の状態によっては不耕起栽培も可能です。この場合、施肥は処理前に行います。

(viii) 作付け

コマツナの播種は、土壌が乾燥すれば可能です。圃場の条件にもよりますが、処理後1週間程度が目安です。



第4-29 図② 処理手順

(4) 雑草対策

スベリヒユやイヌビユなどの雑草が発生しやすいです。特に夏期のスベリヒユは生育が早いことから、早めに除草する必要があります。

(5) 経営評価

本技術を導入した有機農業では10a当たりの労働時間は慣行に比べ9時間増加し、生産費支出合計は約143千円（約23%）増加しました（第4-7表）。支出増加分は、品質の向上や商品化率の向上などにより収益が増加し、回収されることが期待されます。

第4-7表 生産費試算（10a当たり、単位：円）

項目	慣行農業	実証有機農業
種苗費	10,500	15,500
肥料費	19,075	38,113
農薬費	4,586	3,478
光熱動力費	16,218	18,446
諸材料費	270,992	348,461
家族労働時間(時)	192	201
労働経費	212,191	221,816
変動費 小計	533,563	645,813
農機具費	52,208	82,788
建物費	48,570	48,570
固定費 小計	100,778	131,358
支出 合計	634,341	777,171

圃場面積：30a、労働人数：2人、年5回栽培として試算

施設装備

本技術はキスジノミハムシの多発生条件下では防除効果が劣るので、ハウスには近紫外線カットフィルムを被覆するとともに、ハウス出入り口、サイド開口部に 0.8mm 目合い程度の防虫ネットを展張するなど他の防除技術も併せて組み込むことが望ましいです。あまり目の細かい防虫ネットは、通気性が低下することから、ハウス内の温度上昇には注意しましょう。

(6) 現地事例の紹介

2012 年に奈良県宇陀市の農業法人にて試験的に取り組んだ状況です（第 4-30 図）。4 月にエンバクを播種し、7 月に収穫・処理しました。コンバインを利用することで収穫作業が省力化できました。また、処理後に栽培したコマツナでは、キスジノミハムシの被害が軽減できました（第 4-8 表）。



コンバインによるエンバクの収集

エンバクの運搬・散布



エンバクを投入した圃場

ロータリーによる鋤き込み

第 4-30 図 現地での事例

第 4-8 表 コマツナのキスジノミハムシ被害軽減効果

処理区	投入量 (kg/m ²)	被害葉率 (%)	被害度 ^Y
生エンバク	3	13.1 ± 4.2 ^Z	7.0 ± 2.5
乾燥エンバク	0.3	12.6 ± 2.1	8.2 ± 1.7
無処理	—	23.5 ± 1.5	15.5 ± 1.7

^Z: 平均値 ± 標準誤差(n=3)

^Y: 被害度 = (2A+B) × 100 / (2 × 調査株数)

(A: 食痕数5以上の株、B: 食痕数1~4の株、C: 食痕数0の株)

(7) コマツナに発生する病害虫・雑草と有機栽培で考えられる対応策の例

第4-9表 コマツナに発生する病害虫と有機栽培で考えられる対応策の例

	病名・害虫名	有機栽培での対応(今後)
病害	白さび病 <i>Albugo macrospora</i>	バイオフューミゲーション、耐病性品種の利用、灌水やハウス内湿度の管理
	萎黄病 <i>Fusarium oxysporum</i>	バイオフューミゲーション、耐病性品種の利用
害虫	キスジノミハムシ	バイオフューミゲーション、防虫ネット、残根の除去、輪作 圃場内外の除草、防草用シート
	ダイコンサルハムシ (ダイコンハムシ)	防草用シート、防虫ネット
	ヤサイゾウムシ	ヤサイゾウムシ用トラップ
	ケラ	バイオフューミゲーション
	ネキリムシ	バイオフューミゲーション、防虫ネット 周辺雑草の除去 捕殺
	アブラムシ類	土着天敵・導入天敵の活用、バンカー法 防虫ネット設置 紫外線カットフィルム シルバーテープ設置(光反射資材) 適正施肥の実施 ハウス内および周辺雑草除去 粘着板設置
	コナガ	防虫ネット、BT剤散布 圃場周辺の雑草除去 土着天敵・導入天敵の活用
	ヨトウガ・ハスモンヨトウ	防虫ネット、BT剤散布 ウイルス製剤(ハスモン天敵) 捕殺
	ハイマダラノメイガ	防虫ネット
	カブラハバチ	防虫ネット
	アオムシ	防虫ネット、BT剤散布 捕殺
	ハモグリバエ類	防虫ネット、粘着板設置 土着天敵の活用

問い合わせ先：奈良県農業総合センター 研究開発部 高原農業振興センター

研究担当者

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター

竹原利明・石岡徹・須賀有子・吉田祐子

兵庫県立農林水産技術総合センター

前川和正・竹川昌宏

奈良県農業総合センター研究開発部高原農業振興センター

中野智彦・安川人央・森岡正・神川諭

山口県農林総合技術センター農業技術部資源循環研究室

井上興・徳永哲夫

徳島県立農林水産総合技術支援センター

亀代美香・三宅圭・堀北直樹・広田恵介

問い合わせ先

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター
〒721-0975 広島県福山市西深津町 6-12-1 電話 084 (923) 4100

兵庫県立農林水産技術総合センター 農業技術センター
〒679-0198 兵庫県加西市別府町南ノ岡甲 1533 電話 0790 (47) 1222

奈良県農業総合センター 研究開発部 高原農業振興センター
〒633-0227 奈良県宇陀市榛原三宮寺 125 電話 0745 (82) 2340

山口県農林総合技術センター 農業技術部 資源循環研究室
〒753-0214 山口県山口市大内御堀 1419 電話 083 (927) 0211

徳島県立農林水産総合技術支援センター 資源環境研究課
〒779-3233 徳島県名西郡石井町石井 1660 電話 088 (674) 1660

第5章 暖地における有機二毛作栽培技術

1. 背景

有機農産物への需要が高まる中、九州地域においても有機農業への取り組みが広まりつつあります。しかしながら、温暖・多雨の暖地においては、病害虫や雑草の多発が有機栽培技術の確立を困難なものとしており、有機農業拡大の阻害要因となっています。

一方、温暖な気候は多様な作型を可能とし、北部九州では稲-麦二毛作体系が広く実践され、高い耕地利用率が実現しています。しかしながら、有機農業に限って言えば、冬作に関わる技術開発の遅れから、二毛作はほとんど実施されていないのが現状です。

そこで、暖地における有機農業の普及・拡大に資するため、有機農家の技術を一般化して、比較的容易に有機栽培が実践できる技術開発を進めるとともに、二毛作の導入を可能とする麦や露地野菜などの冬作における有機栽培技術を確立することを目的として、技術開発に取り組んできました。以下は、北部九州の有機農業経営において活用可能な技術を取りまとめたものです。

2. 水稻の有機栽培

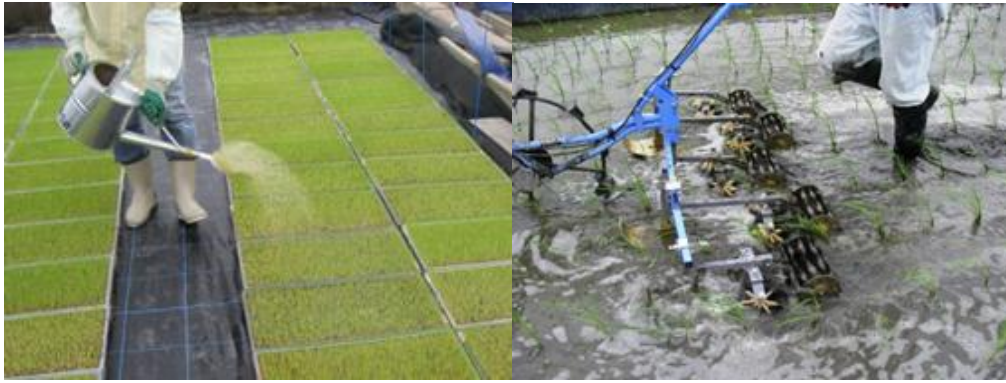
(1) 栽培暦 (第5-1図、第5-2図)

作物名: 水稻(早生「夢しずく」)

資材		5月		6月			7月			8月			9月		10月
		下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上
作業		播種			移植										収穫
雑草対策				荒代	植代 米ぬか	除草機①	除草機②	除草機③							
施肥	基肥: 菜種油かす(kg/10a)			80											
病害虫防除	トビイロウンカ				遅植え										
	紋枯病								追肥省略						

第5-1図 水稻の栽培暦

- (i) 種子消毒: 温湯消毒 60°Cで10分間 (塩水選から1時間以内に実施)
- (ii) 育苗: 有機液肥の施用 1葉期と2葉期に窒素成分で1.0g/箱ずつ
- (iii) 移植: 中苗移植 6月25日以降の移植 (トビイロウンカ被害回避)
- (iv) 基肥: 有機質資材にはなたね油かすを使用
前作なし; 80 kg/10a 有機麦跡; 0~25 kg/10a 有機野菜跡; 0 kg/10a
- (v) 雑草対策: 代かきの間隔を10日間あける、深水管理、米ぬか150 kg/10a、除草機 移植10、20、30日後
- (vi) 穂肥: なし (紋枯病被害回避)

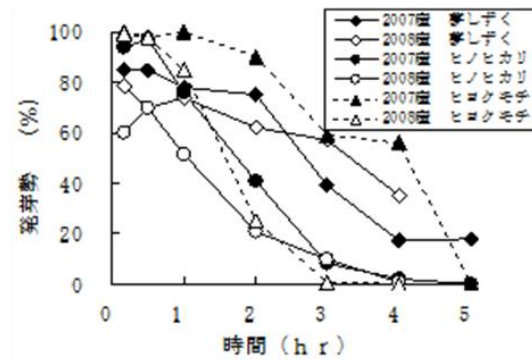


第 5-2 図 有機液肥の追肥と除草

(2) 技術解説

1) 種子消毒

温湯消毒する種籾は、4 kg/袋以内とします。温湯消毒は、乾籾もしくは塩水選から 1 時間以内の種籾に実施します (第 5-3 図)。設定温度は 60°C で浸漬時間 10 分間です。



第 5-3 図 塩水選開始から温湯消毒開始までの時間と発芽勢との関係

2) 育苗の肥培管理

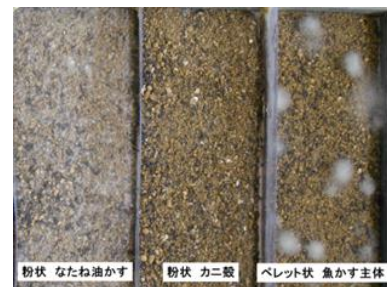
方法 1 有機液肥を利用する場合

窒素施用量は、1.0g/箱を 2 回 (1 葉期と 2 葉期) とします。

方法 2 有機質資材を利用する場合

未熟な有機質資材を用いるとカビが発生するため、以下のいずれかの方法をとる必要があります (第 5-4 図)。

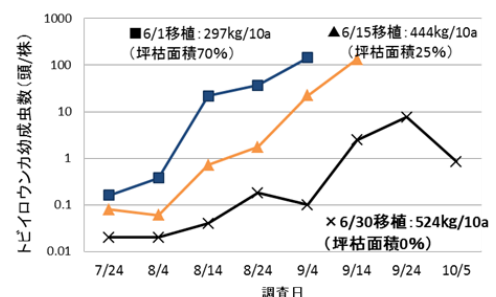
- (i) 床土は白乾状態まで乾燥させたものを用いる。
- (ii) 有機質資材は苗箱の底へ施用する。
- (iii) 播種前 3 日以内に施用する。
- (iv) カニ殻を窒素で 1.7g/箱施用する。



第 5-4 図 有機質肥料施用後のカビ発生

3) 病害虫対策技術

トビイロウンカの被害を回避・軽減するため 6 月 25 日以降の遅植えにします (第 5-5 図)。紋枯病は生育後半の水稲が旺盛なほど発生が多いため、穂肥は控えます。



第 5-5 図 移植時期とトビイロウンカの発生との関係 (2009 年)

4) 雑草対策技術

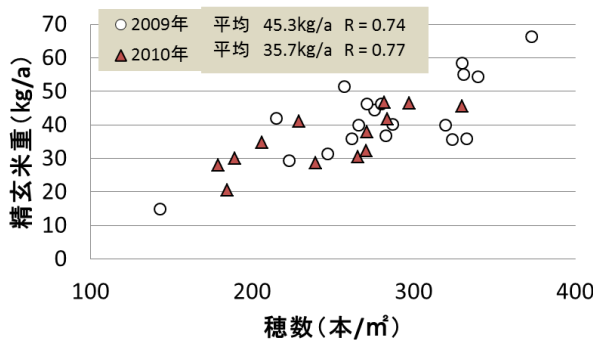
- (i) 代かきの間隔を空けます。1 回目の代かき後

- に雑草を発生させ、その10~15日後の2回目の代かきで発芽した雑草を埋め込みます。
- (ii) 圃場の均平と深水管理を実施します。しかし、スクミリンゴガイ生息圃場では深水にすると苗が食害を受けるので2 cm以下のひたひたの浅水管理を実施します。
- (iii) 米ぬかの施用量は150 kg/10aとし、施用時期は移植直後で効果が高いです。
- (iv) 機械除草 移植10日後から10日おきに2~3回実施します。

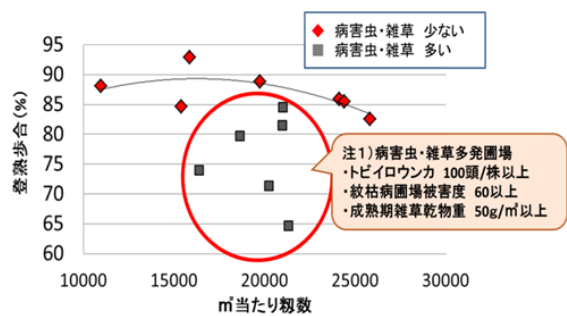
3. 水稻有機栽培における現地事例

水稻の有機栽培圃場19筆(2009年)と14筆(2010年)を調査し、現地の実態把握を行いました。

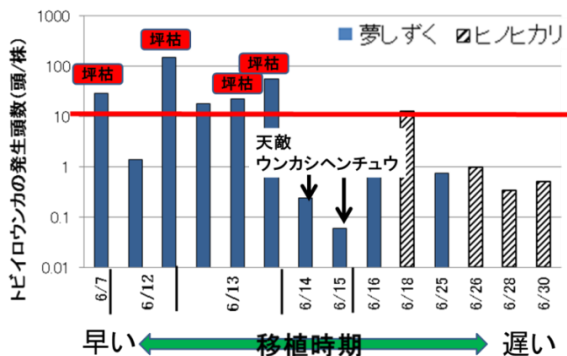
- (i) 有機栽培の精玄米重は、慣行栽培の約70~85%であり、穂数が少ない圃場で収量が低い傾向でした(第5-6図)。穂数が多い圃場は大豆跡や冬作を作付した圃場で、一方、穂数が少ない圃場は、無肥料栽培の圃場、栽植密度が小さい圃場、雑草が多発した圃場でした(データ省略)。
- (ii) m²当たり籾数と登熟歩合との関係をみたところ、一般にm²当たり籾数が多いと登熟歩合が低下しました。その関係を示す曲線から外れた圃場では、残草量や病虫害発生が多く観察されたことから、それらが登熟歩合の低下の原因と考えられました(第5-7図)。
- (iii) 病虫害の発生は圃場間で大きく異なりました。特に甚大な被害を及ぼすトビイロウンカの発生は、移植時期が遅い圃場で少ない傾向がみられました(第5-8図)。
- (iv) 残草量も同様に圃場間で大きく異なり、スクミリンゴガイ生息圃場で特に雑草が少ない傾向でした(第5-9図)。機械除草を実施した圃場では株間の残草量が多く、手取り除草時間が多いことがわかりました。



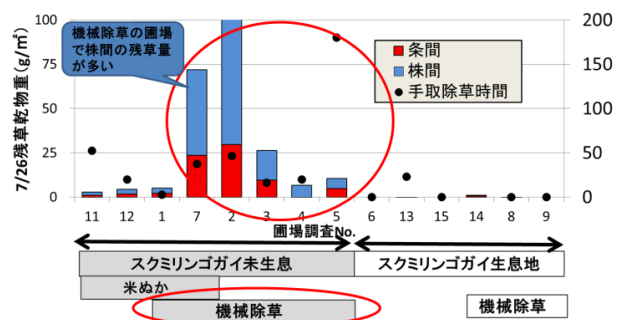
第5-6図 穂数と精玄米重との関係



第5-7図 籾数と登熟歩合との関係



第5-8図 移植時期とトビイロウンカの発生



第5-9図 生育期の株間と条間の残草

4. 小麦の有機栽培

(1) 栽培暦 (第5-10図、第5-11図)

(i) 播種：播種時期は雑草の発生を抑えるために12月上旬頃の晩播とします。

(ii) 肥料：基肥：発酵鶏糞を窒素成分量で40 kg/10a

追肥：なたね油かすを窒素成分量で5 kg/10a

(iii) 雑草対策：水稲収穫後、土壌が乾燥したら速やかに耕起します。播種後に米ぬか400kg/10a以上を散布します。土入れを実施します。

(iv) 赤かび病：イオウフロアブル400倍を開花期とその2週間後に2回散布。

作物名：小麦(品種「シロガネコムギ」)

資材	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月			5月			6月		
	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	
作業							播種						麦踏み														収穫
雑草対策	耕起						米ぬか					土入れ			土入れ												
施肥①	基肥：鶏糞(kg/10a) TN-4.0%			1000																							
	追肥：菜種油かす(kg/10a)															95											
病害虫防除	赤かび病 イオウフロアブル																										

第5-10図 小麦の栽培暦



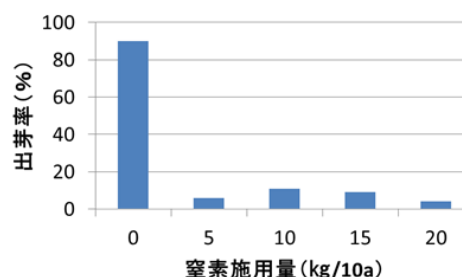
第5-11図 鶏糞の散布と播種

(2) 技術解説

1) 肥培管理技術

なたね油かすは発芽障害を招くため、基肥の使用は避ける必要があります(第5-12図)。

基肥は鶏糞を窒素成分量で40 kg/10a、追肥はなたね油かすを窒素成分量で5 kg/10a施用します。鶏糞の肥効率は窒素濃度が高いほど高いため、窒素濃度が高いものを用います。



第5-12図 なたね油かすの施用量と小麦の出芽率

2) 病害虫対策技術

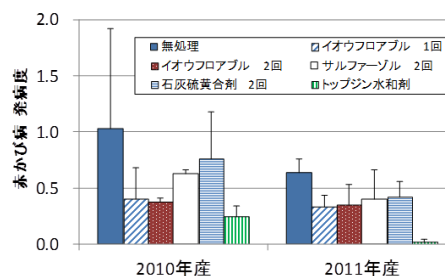
(i) 裸黒穂病

風呂浸漬法で実施します。小麦種子を網袋などに入れて、お湯に10時間浸漬した後に

引き上げて陰干しをします。湯の温度は、浸漬開始時に 45℃に設定し、最終的な水温が 20℃ぐらいになるように調節します。

(ii) 赤かび病

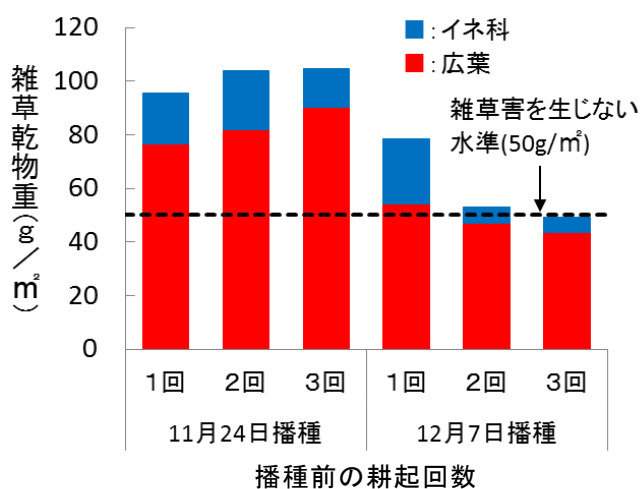
イオウフロアブル 400 倍を開花期とその 2 週間後に散布します (第 5-13 図)。



第 5-13 図 小麦赤かび病に対する硫黄系薬剤の防除効果

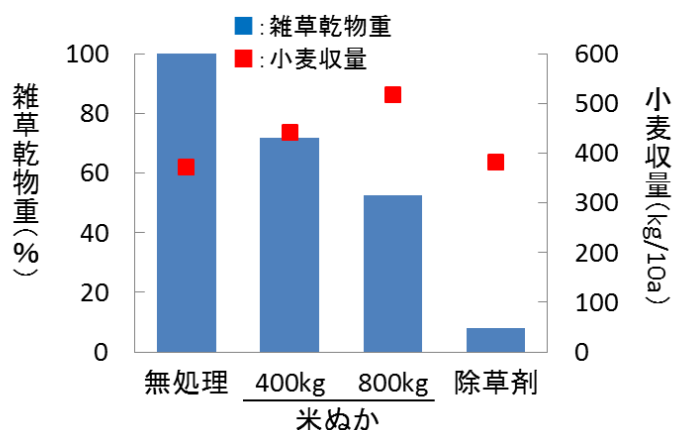
3) 雑草対策技術

小麦有機栽培の雑草防除では、小麦を播種するまでに多くの雑草を発生させて、土の中の雑草の種子を減らし、播種後に発生する雑草を減らすことが重要です。そのためには水稲収穫後に、土壌が乾燥したらできるだけ速やかに耕起をすると効果的です。また、播種後の雑草発生量を減らすには、晩播が有効です。播種時期を遅らせると、①播種前に発生する雑草が増える、②未発芽の雑草の種子は休眠に入る、という二つの効果から播種後に発生する雑草量が減少します。播種前の耕起と晩播を組み合わせると、雑草害が生じない程度に雑草量を減らすことができます (第 5-14 図)。



第 5-14 図 播種前耕起回数と晩播による雑草量低減効果

さらに播種後に米ぬかを散布すると、米ぬか及び土壌表面がクラスト化して硬くなり雑草の発生を抑制します。そのためには 400kg/10a 以上の散布が必要です (第 5-15 図)。



第 5-15 図 播種後の米ぬか散布による雑草量低減効果

雑草乾物重は無処理に対する割合

5. タマネギの有機栽培

(1) 栽培暦と要点 (第5-16図、第5-17図)

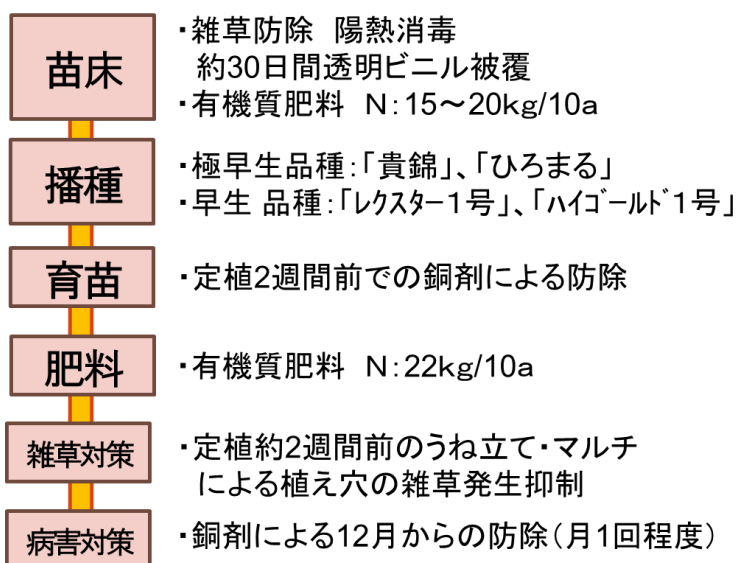
慣行栽培では、育苗床でのダズメット剤等による雑草防除が行われています。また、極早生品種の本圃では、化学肥料および除草剤を用いた透明マルチ栽培が行われ、病害虫防除は化学農薬を5~6回散布して行います。

有機栽培の事例では、育苗床で雑草が発生し苗質が慣行栽培より劣っています。また、本圃では雑草抑制のための黒マルチを被覆していますが、植え穴から雑草が発生していること、肥料の主体が鶏糞であるが冬作のため肥効が不十分であること、防除をほとんど行わないため病害が発生していること等により商品収量が慣行栽培の7割以下となっています。

これに対し、開発技術では、地床での陽熱消毒による雑草防除を行います。また、育苗床や本圃では市販の有機質肥料を使用し、マルチ被覆時期を早めることによる雑草防除や年内から銅剤による防除を行うことで、慣行の約8割の商品収量を得ることができました。

	8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
作業	育苗 施肥				播種			本圃 施肥			定植															収穫		
雑草対策	陽熱消毒							マルチ												手取り								
施肥	育苗	○																										
	本圃								○																			
病害虫防除	育苗								○																			
	本圃														○			○			○			○			○	

第5-16図 タマネギ有機栽培の管理作業



第5-17図 タマネギ有機栽培の要点

(2) 苗床の施肥管理

開発技術では、市販の有機質肥料や鶏糞等を使います（第5-1表）。苗床の土壌酸度矯正は、カキ殻等有機石灰類を施用します。施肥量は、a 当たり窒素：1.5kg、リン酸：2.5kg、カリ：2.0kg を7月下旬～8月上旬頃に施用します。

第5-1表 タマネギの苗床の施肥（例）

資材名	苗床1a当たり施用量	備考
完熟牛糞堆肥	200 kg	
セルカ	10 kg	石灰肥料（量はpHに応じて加減）
発酵鶏糞	30 kg	
グリーンアニマル725	16 kg	肉骨粉、なたね油かす等配合
サングリーングアノ	3.5 kg	リン酸肥料

(3) 苗床の雑草対策

地床によるタマネギの育苗は、雑草発生により苗質が著しく低下します。開発技術では、苗床での雑草対策として、陽熱消毒を行います。陽熱消毒はタマネギ播種（9月中旬頃）の約30～50日前から実施します。畝表層部分（地表5cmくらいまで）が乾燥しすぎている場合は、陽熱消毒の効果が劣るので、軽くかん水（5mmまで）した後に透明ポリエチレンフィルムを畝に密着させてしっかりと被覆します（第5-18図）。



第5-18図 苗床の太陽熱消毒

施肥、畝立て後に透明ポリエチレンフィルムを被覆

【播種までの作業手順】

- (i) 施肥
- (ii) 耕起・畝立て（畝表層が乾燥している場合は軽くかん水）
- (iii) 透明ポリエチレンフィルム被覆
- (iv) 30～50日間被覆（播種直前まで被覆）
- (v) 透明ポリエチレンフィルム除去、播種

(4) 苗床での病害防除

慣行法では育苗中に、べと病やボトリチス葉枯れ症を予防するために化学農薬による防除を行います。一方、開発技術では、有機JASに適合する農薬である銅剤による防除を育苗後半の定植約2週間前に1回行います。降水量が多い場合は、病害が発生しやすいので、育苗中期、後期の2回以上は防除します。また、生育時に病害などで黄化した苗などは早めに除去します。

(5) 品種

開発技術では、4 月上旬に収穫する病害虫の発生が少ない品種を選択します。極早生種（4 月 5～10 日頃収穫）は、「貴錦」（カネコ種苗）、「ひろまる」（みかど協和）等が有望です。また、早生種（4 月 18～20 日頃収穫）は、「レクスター1 号」（七宝）、「ハイゴールド 1 号」（サカタのタネ）等が有望です（第 5-19 図）。



第 5-19 図 収穫時の極早生品種「ひろまる」（左）と早生種「レクスター1 号」（右）

(6) 本圃の施肥管理

開発技術では、苗床と同様に市販の有機質肥料や鶏糞等を使います（第 5-2 表）。土壌酸度矯正は、カキ殻等有機石灰類を施用します。施肥量は、10a 当たり窒素：22kg、リン酸：15kg、カリ：20kg を施用します。

第 5-2 表 タマネギの本圃の施肥（例）

資材名	本圃 10a 当たり施用量	備考
完熟牛糞堆肥	3000 kg	
セルカ	100 kg	石灰肥料(量は pH に応じて加減)
発酵鶏糞	200 kg	
グリーンアニマル 7 2 5	280 kg	肉骨粉、なたね油かす等配合 N 7.0%、P ₂ O ₅ 2.0%、K ₂ O 5.0%

(7) 本圃の雑草対策

慣行の極早生種や早生種では、透明マルチを使用し、雑草防除のために除草剤を使用します。現地での有機栽培では、黒マルチによる栽培ですが、植え穴からの雑草発生が多く、タマネギの生育を阻害し、収量低下要因の一つとなっています。

これに対し、開発技術では、うね全体および植え穴からの雑草対策のため、極早生種、早生種ともに黒マルチを、定植 2 週間前までに被覆します（第 5-20 図）。



第 5-20 図 本圃における黒マルチ栽培状況

(8) 本圃での病害防除

本圃でのべと病やボトリチス葉枯れ症予防のため、慣行では2月から化学農薬による防除が行われます。開発技術では、有機JASに適合する農薬である銅剤による防除を12～3月に月1回程度行います（銅剤散布の目安：12月、1月、2月に各1回、3月に2回、計5回）。また、生育時に病害などで黄化した株などは早めに除去します。なお、アザミウマ（スリップス）類が発生しますが、防除は特に行わなくても、収量への影響はほとんどありません。

6. レタスの有機栽培

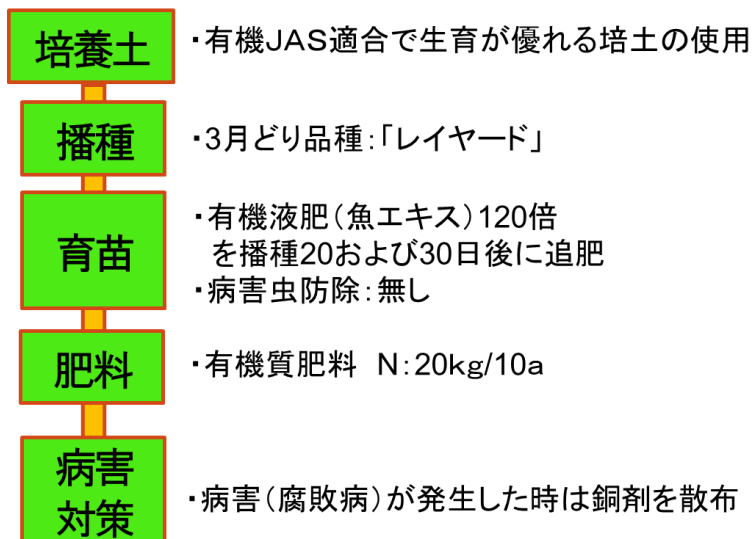
(1) 栽培暦と要点（第5-21図、第5-22図）

水稲後作のレタスは、セルトレイを用いてハウスにて1ヶ月ほど育苗します。しかしながら、有機JASに適合し、レタスの生育が良好な培土や育苗時の追肥方法は明らかになっていません。また、本圃での施肥や品種、病虫害防除についても明らかになっていません。

開発技術では、有機JAS適合培土を選定し、さらに魚由来の液肥を行うことで良質な苗の生産ができました。また、本圃では、有機栽培で収量・品質の優れる品種を用い、施肥は、市販の有機質肥料を使用することで慣行化学肥料と同程度の商品収量を得ることができました。

	11月			12月			1月			2月			3月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
作業	セルトレイ 播種			本圃 施肥・マルチ	定植 トンネル被覆										
	雨よけハウス育苗			トンネル温度管理											
	不織布被覆														
施肥	苗床	○		○											
	本圃			○											

第5-21図 レタス有機栽培の管理作業



第5-22図 レタス有機栽培の要点

(2) 育苗培土・品種

育苗における培土は、良質な苗の生産に重要です(第5-23図左)。開発技術では、有機JASに適合する培土で、レタスの生育が良好な「有機園芸培土」((株)関東農産)等を使用します。品種は、草勢が旺盛な1~3月どりの品種「レイヤード」(タキイ種苗)等を使用します(第5-23図右)。育苗日数は、慣行と同等の40日程度です。



第5-23図 慣行培土と有機JAS適合培土(左)と品種「レイヤード」(右)

(3) 苗の追肥

育苗日数が40日間と長い場合、有機JAS適合培土の肥料分だけでは良質なレタス苗ができません。そこで、開発技術では、苗の充実を図るため播種20日後と30日後に100%魚由来液肥を窒素成分で1トレイ当たり各250mg(例えば、シープロテインNの場合、120倍を500mL)かん注します。目標とする苗姿は、草丈6~7cm、葉数4~5枚で根鉢がしっか



第5-24図 目標苗姿

り巻いた苗です（第 5-24 図）。

（４）本圃の施肥

開発技術では、市販の有機質肥料や鶏糞等を使います（第 5-3 表）。土壌酸度矯正は、カキ殻等有機石灰類を施用します。施肥量は、10a 当たり窒素：20kg、リン酸：14kg、カリ：20kg を 12 月上旬頃に施用し、畝立て・マルチを行います。

第 5-3 表 レタス本圃の施肥（例）

資材名	10a 当たり施用量	備考
完熟牛糞堆肥	2000 kg	
セルカ	100 kg	有機石灰肥料（量は pH に応じて加減）
発酵鶏糞	200 kg	
グリーンアニマル 7 2 5	240 kg	肉骨粉、なたね油かす等配合 N 7.0%、P ₂ O ₅ 2.0%、K ₂ O 5.0%

（５）本圃の病虫害防除

厳寒期のレタス栽培では、灰色カビ病や菌核病、腐敗病が発生します。このため開発技術では、腐敗病の防除として銅剤を散布します。1 回目は、活着後（定植約 2 週間後）に株元を中心に散布し、2 回目は、結球開始初期に散布します。防除の際は、展着剤として、パラフィン剤（例えば、アビオン E を 500 倍）を加用します。

なお、銅剤は腐敗病に農薬登録がありますが、灰色カビ病や菌核病には農薬登録がありませんので、栽培に当たっては、銅剤を灰色カビ病や菌核病の防除目的に使用することはできません。

7. 経営評価（水稲）

水稲有機栽培の収益性を H24 年度の現地実証試験を基に試算した結果、県慣行栽培と比較して単価は 2.3 倍で、収量はほぼ同等であったため、粗収益は 2.3 倍、農業所得は 4.3 倍と試算されました（第 5-4 表）。

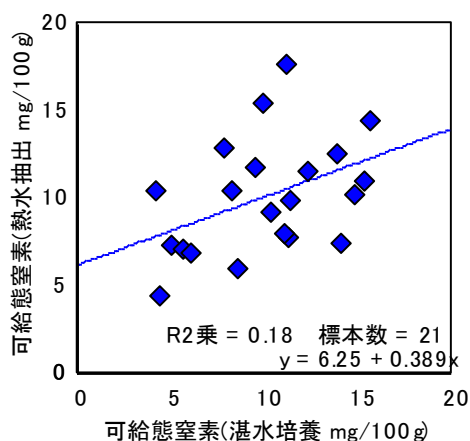
今後、水稲と麦類や野菜を組み合わせた二毛作体系について、経営評価を実施する予定です。

第5-4表 実証圃での水稲有機栽培の経営試算（10aあたり）

		有機実証圃	県慣行栽培 (H20~22年平均)	備考	
粗 収 益	反収 (kg)	467	471		
	販売単価 (円/kg)	500	219		
	商品化率	100	100		
	副産物価格 (円)	0	6,084		
	売り上げ (円)	233,609	103,076		
生 産 費	変 動 費	種苗費 (円)	1,350	2,074	
		肥料費 (円)	6,659	6,950	
		農薬費 (円)	0	8,536	
		光熱動力費 (円)	8,794	2,922	
		諸材料費 (円)	703	1,655	
		出荷販売経費 (円)	3,738	0	
		雇用者労働時間 (時)	10.0	1.6	
	家族労働時間 (時)	14.0	19.1		
	雇用単価 (円/時)	800	800	H29年の農業労賃に関する調査結果より	
	労働経費 (円)	19,200	16,557		
	変動費小計 (円)	40,445	38,694		
	固 定 費	農機具費 (円)	49,219	23,692	
		建物費 (円)	5,118	3,157	
		土地改良・水利費 (円)	3,182	3,182	※有機実証圃は県慣行栽培の値を代入
		賃料・料金 (円)	0	15,582	
固定費小計 (円)	57,519	45,613			
支出合計	97,964	84,308			
所得 (円)	146,845	34,051			
労働時間当たりの純利益 (円/時)	6,119	1,645			

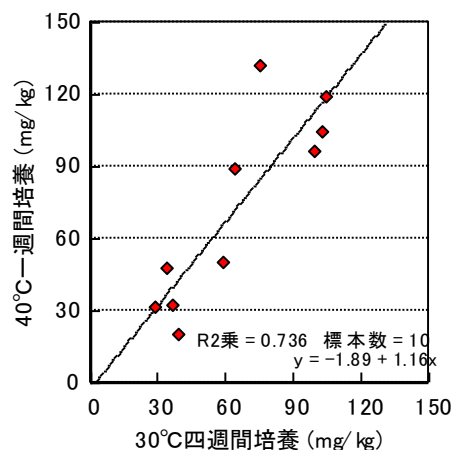
8. 有機二毛作栽培技術開発に有効な試験事例

(1) 有機栽培現地土壌の可給態窒素の把握



第5-25図 可給態窒素量の抽出法による関係

注) 湛水 30°C四週間培養と熱水抽出法 (風乾細土)



第5-26図 可給態窒素量の抽出法による関係

注) 湛水 30°C四週間培養と湛水 40°C一週間培養 (生土)

有機栽培現地圃場の可給態窒素量を把握するために、水田土壌の可給態窒素量の標準的分析法である 30°C四週間湛水培養法と簡易測定法としての熱水抽出法の関係を調査したが、相関は認められませんでした (第5-25図)。しかし、圃場から採取した土壌を湿土の

まま試料とする 40℃一週間湛水培養法は、30℃四週間湛水培養法と高い相関が認められました(第 5-26 図)。この方法では土壌の乾燥が不要であるとともに、培養期間が短いため、分析の迅速化が期待できます。

(2) 焼酎廃液濃縮液等を利用した暖地水稲栽培

○焼酎廃液濃縮液とは

焼酎廃液濃縮液はサツマイモを原料とした焼酎蒸留後の廃液を固液分離し、液体部分のみをおよそ 12 倍に濃縮したもので宮崎県において特殊肥料「焼酎粕諸蜜」として届け出がされています(第 5-27 図)。窒素、リン酸、カリなどの養分の他、カフェ酸やクエン酸などの有機酸も微量含まれており、有機質肥料として利用可能であるほか、有機物マルチの資材として米ぬかなどと同じように使うことができます(第 5-5 表)。



第 5-27 図 焼酎廃液濃縮液(焼酎粕諸蜜)

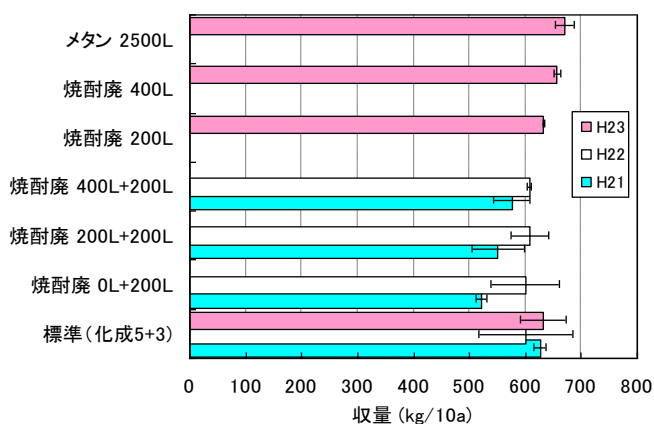
注: 霧島酒造(株)提供

第 5-5 表 焼酎廃液濃縮液の成分

pH	窒素	リン酸	カリ	含水率
4.0	1.16%	0.74%	2.15%	67%

○施用試験結果

福岡県筑後地域の灰色低地土で、作土(風乾土)の熱水抽出態窒素量が 6mg/100g 以上の水田において、水稲品種「にこまる」に対し、焼酎廃液濃縮液 200L/10a、またはメタン発酵消化液 2,500L/10a を田植え 7 日後に基肥として施用したところ、窒素を化成肥料で 10a 当たり基肥 5kg、追肥 3kg を施用する標準栽培と同等の玄米収量及び品質が得られました(第 5-28 図、第 5-6 表、第 5-7 表)。



第 5-28 図 試験圃場における水稲収量

第 5-6 表 試験圃場の窒素施用量

	施用窒素量 (kg/10a)		
	基肥	追肥	合計
標準(化成5+3)	5.0	3.0	8.0
焼酎廃 0L+200L	5.8	5.8	11.6
焼酎廃 200L+200L	5.8	5.8	11.6
焼酎廃 400L+200L	11.7	5.8	17.5
焼酎廃 200L	5.8	-	5.8
焼酎廃 400L	11.7	-	11.7
メタン 2500L	6.5	-	6.5

注) 焼酎廃：焼酎廃液濃縮液、
メタン：メタン発酵消化液

第 5-7 表 試験圃場の作土の窒素肥
沃度

	H21年		H22年		H23年		H24年	
	拠点内	拠点内	拠点内	現地	拠点内	現地	拠点内	現地
全窒素(%)	0.23	0.30	0.29	0.35	0.17	0.18		
熱水抽出態窒素 量(mg/100g)	7.0	7.5	7.3	9.4	5.9	6.2		

(3) 焼酎廃液濃縮液による水田雑草防除

焼酎廃液濃縮液は、雑草発生前の施用で効果が高いため、水稻移植 3~5 日後に 400L/10a 施用すると効果的です(第 5-8 表)。コナギ等の広葉雑草に対する効果が高く、ホタルイ等に対しては効果が劣ります。焼酎廃液濃縮液 200L/10a と米ヌカ 100kg/10a を同時施用しても、ほぼ同等の効果が得られます。注意事項として、焼酎廃液濃縮液の施用後に分解に伴う悪臭が発生するため、民家や工場などの隣接地での使用については避ける必要があります。

第 5-8 表 有機物資材の施用による雑草防除効果

有機質資材	雑草発生本数			
	ノビエ	コナギ	ホタルイ	その他
濃縮液200L/10a	5	6	54	1
濃縮液400L/10a	2	0	38	0
米ヌカ200kg/10a	9	20	60	6
無処理	7	54	41	多数

1m角コンクリートポット条件、6/29水稻稚苗移植、3日後有機質資材施用。
雑草発生本数は有機質資材施用後20日目に調査(2ポット合計値)。

参考文献

1. 大段秀記・住吉正・小荒井晃. 「暖地の有機水田二毛作におけるムギ作の雑草発生量に及ぼす播種前耕起と晩播の影響」. 雑草研究. 57 (別) : 118. 2012.
2. 佐賀県生産振興部. 「有機栽培マニュアル 有機農家農業事例集」. p1-23. 2012.
3. 住吉正. 「水稻有機栽培での複数回代かきによる雑草防除効果」. 九州の雑草. 40:24-26. 2010.
4. 住吉正. 「サツマイモを原料とした焼酎廃液濃縮液の水稻栽培への利用研究」. 植調. 43 : 169-175. 2009.
5. 谷口宏樹・信原浩二・三原実・中山敏文. 「タマネギの育苗床における陽熱消毒の期間と温度が雑草発生に及ぼす影響」. 第 13 回日本有機農業学会大会資料集. p117-118.

2012.

6. 谷口宏樹・中山敏文・森則子・三原実・信原浩二. 「タマネギ・レタスにおける有機質肥料の施用量および資材の違いが生育・収量に及ぼす影響」. 日本有機農業学会第4回有機農業試験研究交流会. p34-35. 2011.
7. 夏秋道俊・辻聡宏・森則子・秀島瑠満子・中山敏文・高尾雅晴. 「佐賀県における水稲有機栽培の実態と経営評価」. 九州農業研究発表会専門部会発表要旨集. p115. 2012.
8. 増田欣也・住吉正. 「水稲「にこまる」に対する芋焼酎廃液濃縮液等の施肥としての利用」. 農作業研究. 46 (別1) : 17-18. 2011.
9. 増田欣也・住吉正. 「芋焼酎廃液濃縮液等の有機質資材を基肥とした暖地水稲肥培管理」. 農作業研究. 47 (別1) : 79-80. 2012.
10. 増田欣也・住吉正・境公雄. 「メタン発酵消化液等の有機物の水稲肥料としての利用」. 農作業研究. 48 (別1). 2013.
11. 三原実・森則子・信原浩二. 「有機農業における有機質資材を用いた水稲育苗ー有機質資材の施用量と施用位置ー」. 九州農業研究発表会専門部会発表要旨集. p13. 2009.
12. 森則子・三原実・信原浩二. 「佐賀県の有機水田における水稲、麦類及び大豆の栽培実態と課題」. 日本有機農業学会資料集. p85-87. 2009.
13. 森則子・三原実・稲田稔・辻聡宏. 「暖地普通期水稲の育苗における有機質肥料施用後のカビ発生について」. 日本有機農業学会資料集. p99-101. 2010.
14. 森則子・三原実・夏秋道俊. 「佐賀県における水稲の有機栽培の実態と課題」. 日本有機農業学会資料集. p47-49. 2011.
15. 森則子・三原実. 「佐賀県における水稲有機栽培での雑草防除の現状と課題」. 九州の雑草. 40 : 20-23. 2011.
16. 森則子. 「有機質肥料を用いた水稲育苗での菌糸の発生防止技術」. 農業技術体系作物編. 第2-1巻. p199-202. 2012.
17. 森則子・三原実. 「水稲の生育とトビイロウンカの発生との関係解明」. 九州農業研究発表会専門部会発表要旨集. p13. 2012.
18. 森則子. 「九州における二毛作体系(水稲-麦)の有機栽培技術について」. 有機農業研究者会議2012要旨集. p66-71. 2012.
19. 森則子・三原実・中山敏文. 「佐賀県における水稲の有機栽培技術の検証 第1報 有機質資材を用いた水稲育苗」. 日本作物学会九州支部会報. 79 (投稿中). 2013.
20. 森則子・三原実. 「佐賀県における水稲の有機栽培技術の検証 第2報 異なる施肥体系がトビイロウンカの発生に及ぼす影響」. 日本作物学会九州支部会報. 79 (投稿中). 2013.

研究担当者

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

住吉正・増田欣也・大段秀記

佐賀県農業試験研究センター

中山敏文・谷口宏樹・森則子・三原実・信原浩二・夏秋道俊・牧善弘・辻聡宏・

秀島瑠満子・梅下千香・大塚紀夫・山口史子・富永慧・福田敬・馬場崎翔一

問い合わせ先

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター
〒833-0041 福岡県筑後市和泉 496 電話 0942 (52) 3101

佐賀県農業試験研究センター

〒840-2205 佐賀県佐賀市川副町南里 1088 電話 0952 (45) 8808

この手引きは、農林水産省委託プロジェクト「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」のうち「有機農業の生産技術体系の確立」（中核機関：(独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター）で得られた成果を元に作成しました。

有機農業 実践の手引き

平成25年5月

農林水産省農林水産技術会議事務局研究統括官室

〒100-8950 東京都千代田区霞が関 1-2-1

TEL: 03-6744-2214 FAX: 03-3502-4028

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業総合研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1

TEL: 029-838-8481 FAX: 029-838-8484
