

有機農業研究者会議 2018 資料集

日 時：2018年10月23日(火)13時～24日(水)12時

場 所：文部科学省研究交流センター国際会議場および第1会議室

主 催：「有機農業研究者会議 2018」実行委員会

共 催：(国研)農研機構 中央農業研究センター

日本有機農業学会

NPO 法人有機農業参入促進協議会

後 援：農林水産省

巻 頭 言

有機農業研究者会議は、研究者と実践者の情報交流の場として、2008年に始まりました。研究者に加え、有機農業の普及・推進に関わる方々の参加も年々増え、有機農業の技術上の問題や課題の情報交換の場に加え、有機農業推進のための場として活用されています。

有機農業に係る試験研究は、有機農業推進法の成立後、国の事業として取り上げられるようになりました。そして、農研機構を中心とした研究体制のもと長期プロジェクトも行われ、現場の課題に対応した成果の発表も行われるようになってきました。

今回の「有機農業研究者会議 2018」では、農林水産省委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」における研究成果が発表されるとともに、成果をまとめた技術資料集も配布されます。ぜひ、ご活用ください。

有機農業の栽培方法は多様化しています。昨年8月、有機農業参入促進協議会の主催で行われた公開セミナーでは、熊本県を中心とした九州各県から、水稻、野菜（露地、施設）、果樹、茶、畜産の実践事例が報告されました。良質な堆肥を施用し土づくりを徹底し、輪作を含め従来から受け継がれてきた栽培に加えて、肥料成分を施用しない無肥料栽培、土や作物の成分を分析し作物の最適条件を追求・調整し、有機栽培で使用可能な資材を駆使して病害虫への対策をしながら多収を目標とした栽培までさまざまな事例が紹介され、栽培品目も50種類を超える少量多品目栽培から品目を絞った大規模栽培まで多様です。

これら事例の共通点やその機作を精査していけば、普及段階に移すことも可能ではないかと思っています。

有機農業の拡大には、技術に加えて流通上の課題もあります。有機農業実施者に多い少量多品目栽培では、出荷の手間に加え宅配輸送費の高騰もあり、面積・生産量の拡大がむずかしい状況にあります。しかし流通関係者のなかで、輸送コストを削減する仕組みの検討も行われようとしています。

今後、生産現場と研究者、普及指導員、流通業者、行政関係者などが情報を共有し、その距離を縮め、力を合わせて問題・課題の解決に取り組みたいものです。

2020年には、オリンピック・パラリンピック東京大会が開催されます。大会に参加するアスリートはもちろん、海外からの大勢の旅行者は、日本のオーガニック食材への期待を高めています。本会議が有機農業の推進に寄与し、日本農業の持続的な発展と持続可能な社会の再構築のための議論の場になることを期待したいと思います。

最後に、開催にあたってご尽力いただいた関係各位に、この場を借りて御礼を申し上げます。

2018年10月23日

「有機農業研究者会議 2018」実行委員会
委員長 鶴田 志郎

目 次

■有機野菜栽培に関する研究成果と農家事例

露地・施設野菜の土着天敵を活用した害虫管理（大野 和朗）	9
生産地における生物的防除の実践～身近な益虫を営農に活かす～（柿元 一樹）	17
熊本県における施設有機トマト栽培の実際（角心 拓也）	22
奈良県における大規模施設葉物栽培の実際（石本 淳史・山口 貴義）	26

■ポスターセッション

高能率水田用除草機を活用した水稻有機栽培の現地実証試験 （三浦 重典・内野 彰・島 義史・上西 良廣・早川 宗志）	33
西南暖地における「水稻＋露地野菜」の有機二毛作栽培技術の体系化（菖蒲 信一郎）	35
知多半島赤黄色土壌での有機稲作の実践と検証-水田無除草の除草技術体系を考える- （岩石 真嗣・阿部 大介・安野 博建・榊原 健太郎）	38
長野県の高冷地有機栽培レタスに発生する病害虫とその対策（清水 時哉・金子 政夫）	41
ダイコン残渣を用いた生物的土壌くん蒸によるハウレンソウ萎凋病の防除と ハウレンソウケナガコナダニの防除対策（吉岡 陸人・本田 善之）	43
Organic No-till：茨大農場での不耕起・草生・有機野菜作の研究事例 （小松崎 将一・松岡 拓志）	46
施設果菜類を中心とした有機栽培による輪作体系の検討 （佐々木 真一郎・奥野 かおり・金森 健一・石津 文人）	48
緑肥間作と敷草が葉菜類の収量や土壌に及ぼす影響（加藤 茂・徐 啓聡・徐 会連）	50
害虫が少ない有機栽培に適したキャベツ品種の検討 （松浦 江里・千嶋 英明・大久保 慎二）	52
有機栽培開始に伴うプロテアーゼ生産細菌群集構造ならびにプロテアーゼ活性の変化 （長岡 一成・須賀 有子・唐澤 敏彦・橋本 知義）	54
有機農業者の技術向上による経営安定に対する支援（増田 義彦）	56
有機農業への参入者の現状と課題（藤田 正雄）	58

■農水省委託プロ「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」における研究成果

有機農業プロジェクトの成果概要（橋本 知義）	63
病気に強い有機栽培育苗土の生物的特性について（安藤 杉尋・高橋 英樹）	71
暖地の水田裏作ムギにおけるムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草（大段 秀記）	77
高冷地有機レタス栽培における病害虫対策 （山内 智史・清水 時哉・金子 政夫・出澤 文武）	82
施設ハウレンソウ作の生物的土壌消毒について（竹原 利明）	88

日 程

第 1 日目 10 月 23 日 (火)

開会あいさつ (13:00~13:15)

鶴田 志郎 (NPO 法人有機農業参入促進協議会)
梅本 雅 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
田村 健一 (農林水産省農林水産技術会議事務局)

第 1 部 有機野菜栽培に関する研究成果と農家事例 (13:15~16:00)

座長 佐伯 昌彦 (株式会社マルタ)
基調講演 「露地・施設野菜の土着天敵を活用した害虫管理」
大野 和朗 (宮崎大学農学部)
研究成果発表 「生産地における生物的防除の実践～身近な益虫を営農に活かす～」
柿元 一樹 (鹿児島県農業開発総合センター生産環境部)
(休憩) (14:45~15:00)
事例発表 「熊本県における施設大玉トマト栽培の実際」
角心 拓也
事例発表 「奈良県における大規模施設葉物栽培の実際」
石本 淳史 (山口農園)
質疑応答 (15:50~16:00)

第 2 部 ポスターセッション (16:00~17:10)

研究者の研究、実践農家の事例のポスター発表。同じ問題意識を持った参加者間で意見交換を行う場。

コアタイム：奇数番号 16:00~16:35、偶数番号 16:35~17:10 (各 35 分)

意見交換会

レストラン エスポワール (つくば国際会議場 (エポカルつくば) 内) (17:30~19:30)

第 2 日目 10 月 24 日 (水)

第 3 部 農水省委託プロ「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」における研究成果 (9:00~11:50)

座長 後藤 千枝 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
話題提供者 「有機農業有機農業プロジェクトの成果概要」
橋本 知義 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
「病気に強い有機栽培育苗土の生物的特性について」
安藤 杉尋・高橋 英樹 (東北大学大学院農学研究科)
「暖地の水田裏作ムギにおけるムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草」
大段 秀記 ((国研) 農研機構 九州沖縄農業研究センター)
(休憩) (10:05~10:20)
「高冷地有機レタス栽培における病虫害対策」
山内 智史 ((国研) 農研機構 中央農業研究センター)
「施設ハウレンソウ作の生物的土壌消毒について」
竹原 利明 ((国研) 農研機構 西日本農業研究センター)

総括

閉会あいさつ 大山 利男 (日本有機農業学会) (11:50~12:00)

第 1 部

有機野菜栽培に関する研究成果と農家事例

- ◆ 露地・施設野菜の土着天敵を活用した害虫管理
- ◆ 生産地における生物的防除の実践～身近な益虫を営農に活かす～
- ◆ 熊本県における施設大玉トマト栽培の実際
- ◆ 奈良県における大規模施設葉物栽培の実際

露地・施設野菜の土着天敵を 活用した害虫管理

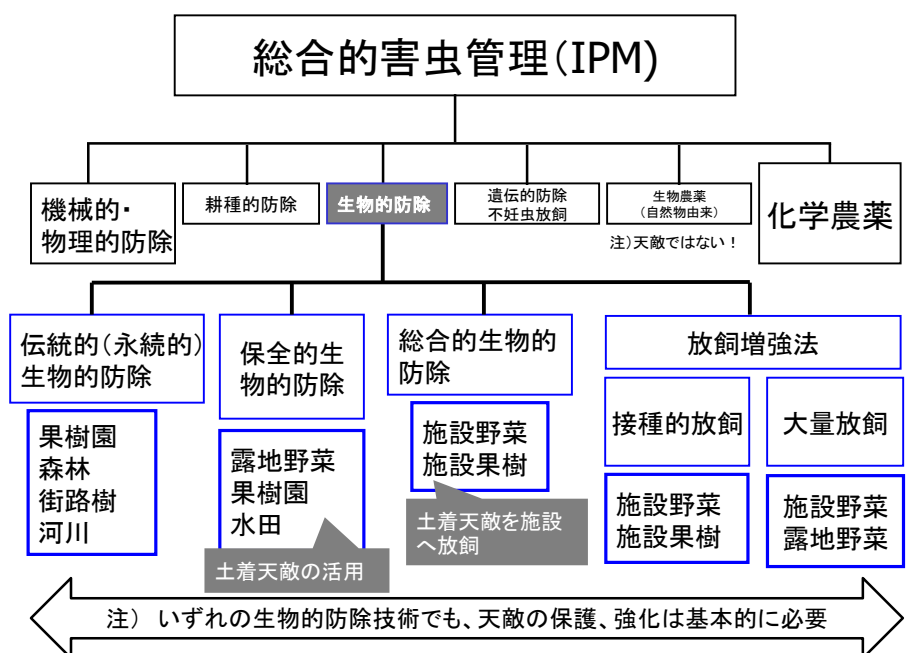
大野 和朗

国立大学法人 宮崎大学農学部 植物生産環境科学科

はじめに

天敵 (Natural enemies) を活用した生物的防除は大きく 4 つのタイプに分けることができる (図 1)。侵入害虫に対して害虫の原産地から有力な天敵を導入し、定着させる伝統的生物的防除、商業的に大量増殖された天敵製剤を購入し、栽培施設内に放飼する放飼増強法、地域に生息する土着天敵を保護と強化する保全的生物的防除、地域に生息する天敵を採集、増殖し、施設に放飼する総合的生物的防除である (Eilenberg et al., 2001)。初期の定義では、保全的生物的防除は単純に地域に生息する土着天敵を保護するために、天敵に悪影響を及ぼす非選択的農薬の使用を工夫あるいは控え、天敵に悪影響の少ない選択的農薬を使うという意味合いが強かった。

保全的生物的防除に関する初期の考えには 2 つの問題がある。第 1 は保全的生物的防除でのみ天敵の保護が強調されたことである。農家は場や施設で天敵を利用するのであれば、伝統的生物的防除でも放飼増強法など生物的防除の戦略に関係なく、天敵に悪影響を及ぼす非選択的農薬の使用は控えるべきである。つまり、天敵の保護は保全的生物的防除に限ったことではない (大野, 2009)。第 2 の問題は、天敵の働きやパフォーマンスを高める、つまり強化することが考えられていなかったことである。他の生物 (農業的には害虫) を捕食したり、寄生したりする天敵は餌となる害虫に大きく依存すると長い間考えられてきた。しかし、最近の 10 数年間で天敵は花粉や花蜜、植物の分泌物などの植物質餌を摂取する必要があることが明らかとなってきた。天敵の強化技術が適用されて、初めて天敵を活用した害虫管理が機能する。



Eilenberg et al., (2001)を改変、追加

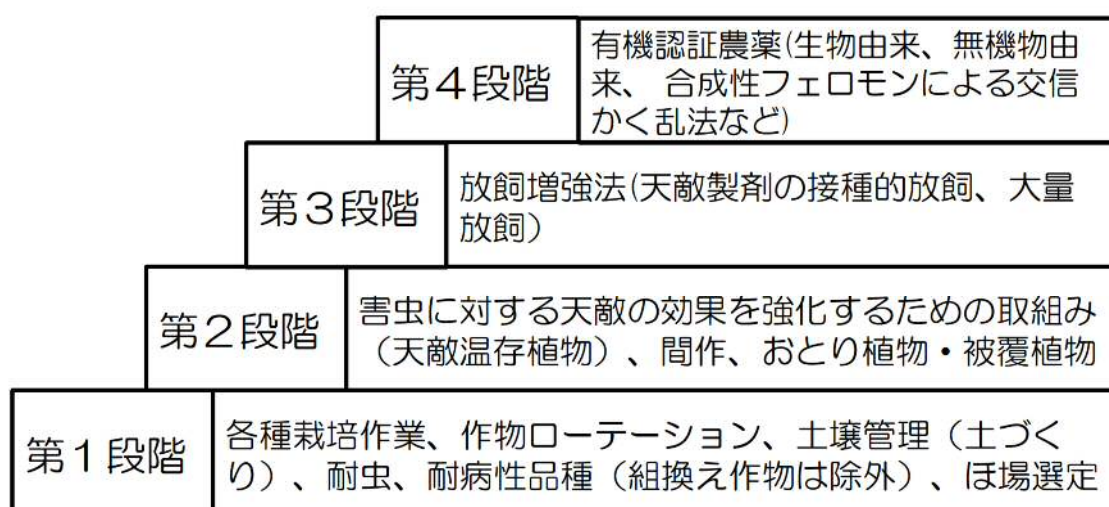
図 1 総合的害虫管理における生物的防除戦略

天敵利用に関連して、有機栽培にも大きな誤解があるように思える。有機栽培や無農薬栽培では天敵が農薬によって死亡することはない、つまり天敵は保護されているため、有機栽培では天敵が働くと考えられてきた。しかし、慣行栽培と同じように、ほ場や施設に1種類の作物だけを植えたモノカルチャー（単植）栽培では、天敵が利用できる植物質餌が少ないかほとんどない。さまざまな作物を栽培した混植や多植栽培でも、多くの作物では花粉や花蜜の量は少ないため天敵の働きが向上することはない。つまり天敵を強化するような方策がとられない限り、有機栽培でも天敵の働きは期待できない。以下では、現在の栽培方法を大きく変えることなく、どのように天敵の力を引き出すかについて話を進める。

1. 有機農業における IPM と防除段階

農薬の過剰使用が社会的に問題となりつつあった1960年にFAOにより提唱された総合的病害虫・雑草管理（IPM）では特定の防除手段のみに依存せず、化学的防除や物理的防除、生物的防除など多様な防除手段を相互に“矛盾のない形”で組み合わせた防除体系が推奨される。しかし、この考えが現場での防除に反映されず、化学的防除偏重になっていることが、さまざまな問題を引き起している。有機農業では化学的防除を最初から除外しているため、化学的防除以外の多様な防除手段を組み合わせたIPM体系が中心になると考えられる。

IPMを構成する各種防除戦略の中で、有機農業で大きな役割を担うのは耕種的防除、自然物由来の農薬、天敵を利用する生物的防除である。図2は有機栽培でのIPMの防除段階についてWyss et al. (1995, 2005)が提案したものである。第1段階は予防的、間接的な防除手段である。第1段階では土づくりや作物のローテーション、耐虫性などの耕種的防除に加え、播種時期や収穫時期などほ場でのさまざまな栽培作業の工夫、病害虫の発生の少ない場所や他のほ場と隔離された場所にはほ場を用意するなど、病害虫の発生を予防的に少なくするような取り組みが中心となる。第2段階は第1段階とは独立した取り組みであり、植食者の上位に位置する天敵などによるトップダウンの働きで、害虫を抑える直接的な防除手段である。第2段階は植生の多様性を高める取り組みが中心であるが、植生の多様性向上が天敵などを含む有用生物の多様性につながり、トップダウン的な自然制御の働きも高まることが知られている。



Wyss et al.(1995:2005)、Zehnder et al.(2006)を改変

図2 有機栽培における総合的害虫管理（IPM）

2. 土着天敵を利用した害虫管理

以下で紹介する例は、選択的農薬の使用により土着天敵を保護し、天敵温存植物などにより土着天敵の働きを強化する取り組みであり、IPM あるいは生物的防除を基幹とした **Biointensive-IPM** と呼ばれるものである。選択的な化学合成農薬を一切使用しない場合には、植物由来の各種忌避剤や微生物由来農薬つまり生物農薬と組み合わせた防除体系を組み立てる必要がある。アメリカの有機栽培トマトでは、ガーリックやオニオン、マリーゴールド、ヒャクニチソウなどをコンパニオンプラントとして植栽し、アブラムシ類やコナジラミ類を忌避させる取り組みが推奨されている（Diver et al., 1999）。こうした取り組みは第1段階（図2）の予防的に位置付けられるが、一方でコンパニオンプラントの機能については科学的な裏付けがないもの、検証されていないものが多いという指摘もある。

(1) 露地栽培における天敵利用

有機農業の IPM 第2段階では、地域に生息、自然発生している天敵がほ場で働く環境を作る、植生管理あるいは生息場所管理とも言われる土着天敵の強化が中心となる。生態系が有するさまざまな機能つまり生態系サービスのひとつである天敵などの有用生物の働き、自然制御を引き出すための取り組みであり、生物的防除の戦略では保全的生物的防除のカテゴリーになる。

捕食性天敵や寄生性天敵の多くは、その食性に関係なく、活動のためのエネルギーを花蜜から得ており、また繁殖のための卵生産にはタンパク質として花粉などを摂取していることが最近の研究から明らかになってきた。このため、花粉や花蜜に富む植物をほ場に植栽することで、天敵をほ場に誘引し、ほ場に天敵がとどまり続ける環境を作り、天敵の働きを強化できることが実証研究からも明らかになっている。表1には代表的な天敵温存植物と対象となる天敵の例を示した。ソバやハゼリソウ、アリッサム、コリアンダーなどは世界的にも広く利用されている。例外もあるが、使用される植物の多くは小さな花からなる集合花で、花色は白が多い。対象となる作物の栽培期間に合わせて、栽培初期から種類を変えながら、花が咲いている期間を長く維持するほど、天敵をほ場にとどめることができる。天敵温存植物がない状態に比べ、天敵の発生時期も早まり、個体数も多くなる。

表1 露地や施設で利用できる天敵温存植物(作物)と対象天敵、対象害虫、利用時期

植物名	対象天敵	餌資源	対象害虫	利用時期
ソバ	捕食者、寄生蜂	花粉、花蜜	アザミウマ類、チョウ目	夏～秋
ハゼリソウ	捕食者、寄生蜂	花粉	チョウ目、アブラムシ類	初夏
アリッサム	捕食者、寄生蜂	花粉、花蜜	アザミウマ類、アブラムシ類	春、秋
コリアンダー	捕食者、寄生蜂	花粉、花蜜	アブラムシ類	春
パーベナ	ヒメハナカメムシ類 タバコカスミカメ	代替餌(昆虫)	アザミウマ類	夏～秋
フレンチマリーゴールド	ヒメハナカメムシ類	代替餌(昆虫)	アザミウマ類	夏～秋
クレオメ	タバコカスミカメ	植物汁液	タバココナジラミ	夏～秋 (施設中心)
ゴマ	タバコカスミカメ	植物汁液	タバココナジラミ	夏～秋
スイートバジル	ヒラタアブ類、ヒメハナカメムシ類	花粉、花蜜	アザミウマ類	夏～秋
ホーリーバジル	ヒラタアブ類、ヒメハナカメムシ類	花粉、花蜜	アザミウマ類	夏～秋
ソルゴー	テントウムシ類、ヒラタアブ類、シヨクガタマバエ、クサカゲロウ類	代替餌(昆虫)	アブラムシ類	夏～秋
オクラ	ヒメハナカメムシ類	真珠体	アザミウマ類	夏～秋
スイートコーン	ヒメハナカメムシ類 カブリダニ類	花粉	アザミウマ類	夏
ニンジン他せり科植物	テントウムシ類、ヒメハナカメムシ類	花蜜	アザミウマ類、アブラムシ類	春

注) 農家圃場での利用例が確認できた天敵温存植物を取り上げた。

露地ナスでは、バジル類やソバの利用でアザミウマ類の捕食性天敵ヒメハナカメムシ類が安定して働くが、とりわけ効果が高いのはオクラを植栽する方法である。オクラの葉や芽から分泌される真珠体が天敵の餌となり、ヒメハナカメムシ類やカブリダニ類が安定的にほ場に存在することで、アザミウマ類の密度を抑える効果がある。天敵温存植物とは少し意味合いが異なるが、風傷対策で果菜類ほ場の周辺にソルゴー障壁を植える取り組みでは、ソルゴーに発生するヒエノアブラムシを餌として夏から秋にかけて多様な天敵が発生することで、果菜類のアブラムシを抑える取り組みもある（市川ら，2016a,2016b）。

海外では有機ブドウ園でハゼリソウやソバを播種して、ハマキガの寄生性天敵である寄生蜂の働きを強化する取り組み、レタスやキャベツ、セロリ畑にアリッサムやハゼリソウを植える取り組みが普及している。広大なレタス畑にアリッサムを植栽した例では、アブラムシ類の捕食性天敵であるヒラタアブ類の強化を狙っているが、アリッサムをほ場に植栽することで最大 20%前後の収量減という報告もある（Brennan, 2013）。

各種天敵温存植物を植えた場合、多様な種類の天敵を観察できる。しかし、天敵が多いことと、害虫を抑えることは別問題である。害虫の増加に対して、天敵がどのように反応しているかを分析することで初めて最も良く働いている天敵を知ることができる。例えば、天敵温存植物を植えた露地オクラほ場では、ワタアブラムシを捕食するテントウムシ類やクサカゲロウ、ショクガタマバエなど多様な天敵の中で、定植後のアブラムシの増加を抑えているのはヒラタアブ類である。

(2) 施設栽培での土着天敵利用

各種天敵が商品化され生物的防除資材として販売され、ヨーロッパでは約 100 種近い天敵が利用可能である（van Lenteren, 2000）。慣行栽培で問題となるようなアザミウマ類やハダニ類などの微小害虫対策であればスワルスキーカブリダニやヒメハナカメムシ類、チリカブリダニやミヤコカブリダニなどの捕食性カブリダニがそれぞれ利用可能である。残念ながら、販売されている天敵の価格は海外と比べると最大で 10 数倍と高いこともあり、いろいろな天敵を利用するというのは難しそうである。

露地ほ場での天敵利用で述べた保全的生物的防除の発展型と言えるのが総合的生物的防除である。市販の高い天敵の替りに、地域に生息する天敵を生息場所から採集して施設に直接放飼するか、または小さな施設で天敵の個体数を増やしてから施設に放飼する取り組みが高知県や鹿児島県で普及している。鹿児島県志布志市のピーマン施設の例では、スイートバジルのハウスの谷間に植栽したり、定植時期からソルゴー、ゴマ、バジル類、アリッサムなど多様な天敵温存植物を植栽することで安定的な害虫管理が実現している。

近年侵入害虫として果菜類や花で問題となっているタバココナジラミに対して捕食性天敵タバコカスミカメの有効利用が進められている。西日本であれば、ゴマを露地に夏から秋に栽培することで、タバコカスミカメを大量に採集できる。施設にバーベナやクレオメを植栽し、タバコカスミカメを放飼することで安定的なタバココナジラミの防除が期待されるが、このタバコカスミカメを利用した生物的防除は潜在的害虫として日本への侵入が危惧されているトマトキバガなどにも有効である。

3. 有機農業で天敵の働きはどこまで期待できるのか

天敵や授粉昆虫（ポリネーター）などの有用生物を含む生物多様性が有機農業で高くなることは多くの研究で報告されているが、その一方で生物多様性は有機栽培ほ場の周辺部で高くなり、ほ場内の生物多様性は必ずしも高くないという報告もある。また、天敵による害虫管理を慣行栽培と有機栽培で比較した研究も少ない。研究的には有機栽培ほ場で害虫に対する天敵の働きを評価、実証することが必要と思われるが、現実的には天敵の働きが強化されていない状況で、その他の直接的防除手段も欠いている場合に、保全的生物的防除の取り組みにより生産性にプラスの

効果が期待できれば農家としては受入可能な技術となる。以下では、世界各地での伝統的農法や新しい取り組みにおける土着天敵利用例を紹介する。

(1) トウモロコシ栽培 MILPA での害虫管理

メキシコや周辺の中米諸国には、MILPA（トウモロコシ畑）と呼ばれる伝統農法がある。トウモロコシ畑にマメ類（窒素固定）やカボチャ（雑草抑制、土壌浸食抑制）、イモなど各種作物を間作しながら、森林と畑をローテーションし、焼き畑も組み合わせる肥沃な土地を維持する農法である（Nigh & Diemont, 2013）。この伝統農法の害虫管理について調査した Morales & Perfecto（2000）には IPM の第 1 段階に関連したさまざまな取り組みが示されている。例えば、湿気の多いほ場はコガネムシの発生が多く、トウモロコシが発芽時点ですべて被害されるため、ほ場を慎重に選定すると約 6% の農家が回答している。灰や石灰などを施用する例では、この取り組みがアリやハリガネムシ類（コメツキムシ類幼虫）、コガネムシ類の対策に有効と答えている。この取り組みは多くの研究で効果が確認されている。2 割以上の農家が「満月の日に播種」すると回答しているが、播種時期を揃えるという取り組みと同じように、一斉に植えることで害虫の被害を軽減していると考えられる。

Morales et al.（2001）は施肥との関連から天敵の働きについて分析している。過去の多くの研究で窒素が植食性害虫の発生を助長することは報告されているが、MILPA のトウモロコシ畑では有機肥料施用や化学肥料施用でもアブラムシ類とヨトウムシの一種いずれの発生にも差は認められていない。施肥の有無や肥料の種類に関係なく、捕食性天敵のテントウムシ類、ハネカクシ類、クモ類や寄生性天敵の寄生蜂が認められている。テントウムシ類は明らかにアブラムシ類の密度に反応したと考えられたが、それでもアブラムシの一番多かった化学肥料施用ではなく、有機肥料施用の畑で高い密度となっている。著者らは植物が生成する揮発性の誘導物質が施肥量や土壌水分含量などで異なること、作物が植食者への化学的防御として生産する二次生成物などを例に考察しているが、私達が現在進めている研究から考えると、大きな見落としがあるように思える。第 2 段階に示したような生息場所管理に関係したさまざまな植物が天敵の強化につながる。MILPA という栽培様式は天敵の強化に役立っていると考えられる（Altieri et al., 2017）。各種作物を間作せず、化学肥料や有機肥料を施用したトウモロコシ畑と比較すれば天敵の働きに大きな差を見いだすことができるかもしれない。

(2) 東南アジアにおける稲作栽培

緑の革命による高収量品種の導入後、多くの国で害虫問題が深刻となり、殺虫剤に対する抵抗性発達とともに事態は深刻さを増した。インドネシアでは 1986 年に米の自給が脅かされる事態となった。この状況を打開するために提案されたのがイネ害虫の IPM である（Settle et al., 1996）。高収量品種のみの稲作から、多様な品種を植え付け、田植え時期も多様にし、天敵に優しい農薬を使うことで広食性天敵の保護が推し進められている。

インドネシアと同様に、ベトナムでも深刻な問題が生じたが、保全的生物的防除を推し進めるアグロエコロジストによる研究協力を通して、水田に畦に花やオクラ、マメ類を植えることで、天敵の強化が進められている（Normile, 2013）。この状況は次のように喩えられている。「害虫のトビイロウンカは鮫が待ち構える海に飛び込むことなく、殺虫剤で清められたきれいなプールに飛び込むことができた」という表現からも分かるように、殺虫剤抵抗性を発達させたトビイロウンカに対して散布回数を増やし、散布濃度が高めることがさらなる悪循環を引き起こしていたのである。

(3) アフリカで生まれたプッシュ・プル法

ケニアで開発されたトウモロコシ栽培のためのプッシュ・プル法はこれに勝る害虫管理はないと言われるほど見事な雑草・害虫管理法である。魔女草（ストライガ）と呼ばれる雑草とトウモロコシの茎に潜るメイガの防除を目的としたものであり、マメ科のデズモディウムをトウモロコ

シと間作することでメイガ成虫は畑を忌避（プッシュ）し、またこの植物が根から分泌する物質は魔女草の発芽を抑制する。さらに間作した牧草の一種トウミツソウはメイガ成虫に忌避作用（プッシュ）を示し、メイガの幼虫寄生蜂を誘引（プル）する。トウモロコシ畑周縁を囲むように植えたネピアグラスはメイガ成虫を誘引（プル）し、メイガはネピアグラスに産卵するが、植物の防御反応によりメイガふ化幼虫の生存率は極端に低くなるというものである（Khan et al.,2001）。

(4) 有機果樹園での天敵の働き

果樹園では下草を維持したり、花粉を大量に生産する防風樹を植栽したりすることで、害虫ハダニ類を捕食する土着のカブリダニの保護、強化が進められている。しかし、大型の植食者に対する天敵については決め手を欠いていた。これまで鳥などの捕食者の植食者に対する働きは不十分と考えられ、長い間農業生態系での利用技術は検討されてこなかった。しかし、Mols & Visser（2007）はオランダの有機リンゴ園にシジュウカラなど食虫性の鳥用に巣箱を設けることで、毛虫などの密度低下に効果があることを報告している。シジュウカラ単独での害虫密度抑制は不十分であるが生態系サービスのひとつの機能として鳥の捕食者としての役割を見直し、強化する価値はあるかもしれない。

キリマンジャロの有機栽培コーヒー園と慣行栽培園を比較した研究では、有機栽培園でのコーヒーの品質向上に鳥の捕食者や受粉昆虫が大きく寄与していることが実証されている（Classen et al.,2014）。また、熱帯林ではコウモリによる害虫の捕食が注目されており（Kalka et al.,2008）、インドネシアのココア園では鳥とコウモリによる害虫の排除が果実品質や収量を高めている（Maas et al, 2013）。熱帯のコーヒー園やココア園での普及例や実証研究は生態系サービスのひとつである自然制御に昆虫以外のさまざまな生物を見直す必要があることを私達に教えているようにも思われる。

最後に

天敵を活用した害虫管理は減農薬栽培や有機栽培において重要な役割を担うと期待される。しかし、化学農薬に依存する慣行栽培と有機栽培では、害虫管理技術は大きく異なり（Wyss et al., 2005）、有機栽培での害虫管理を慣行栽培と比較した研究も少ない。また、有機栽培あるいはその基本的防除手段である耕種的防除に重きが置かれながら、生物的防除や天敵に関する知見や知識や有機栽培農家の間では大きく欠落していることも指摘されている（Morales & Perfecto, 2000）。Eilenberg et al.（2000）は研究者と農家、公的機関、一般消費者の間での直接的なコミュニケーションが生物的防除の実証展開の大きな推進力となることを指摘している。天敵利用に関するこれまでの研究は選択的農薬などと組み合わせた慣行栽培で検討されたものがほとんどである。対象となっているのは農薬に抵抗性を発達させた微小害虫が中心であり、有機農業で問題となる害虫相とは異なっている。病害虫管理技術は有機栽培を支援するまで至っていないという見方もある（Zehnder et al., 2007）。しかし、有機農業で問題となる害虫種に対して最近の保全的生物的防除の知見やアイデアを利用した研究が展開できれば、天敵活用技術の開発は大きく進むと期待している。

引用文献

- Altieri, M., Nicholls, C., Montalba, R. (2017). Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads: an agroecological perspective. *Sustainability*, 9(3), 349.
- Brennan, E. B. (2013). Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids. *Biological Control*, 65(3), 302-311.
- Classen, A., Peters, M. K., Ferger, S. W., Helbig-Bonitz, M., Schmack, J. M., Maassen, G. Steffan-Dewenter, I. (2014). Complementary ecosystem services provided by pest

- predators and pollinators increase quantity and quality of coffee yields. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 281(1779), 20133148.
- Diver, S., Kuepper, G., Born, H. (1999). Organic tomato production (No. 03966). ATTRA.
- Eilenberg, J., Enkegaard, A., Vestergaard, S., Jensen, B. (2000). Biocontrol of pests on plant crops in Denmark: present status and future potential. *Biocontrol Science and Technology*, 10(6), 703-716.
- Eilenberg, J., Hajek, A., Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400.
- 市川大輔, 岩井秀樹, 大野和朗. (2016a). 天敵温存植物としての障壁作物ソルゴの役割: ソルゴおよび露地ナスにおけるアブラムシ類捕食者の発生推移. *九州病害虫研究会報*, 62, 120-127.
- 市川大輔, 岩井秀樹, 田中陽子, 大野和朗. (2016b). 天敵温存植物としての障壁作物ソルゴの評価: ソルゴのフェノロジーがアブラムシ類 (カメムシ目: アブラムシ科) の発生に及ぼす影響. *日本応用動物昆虫学会誌*, 60(4), 163-170.
- Kalka, M. B., Smith, A. R., Kalko, E. K. (2008). Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science*, 320(5872), 71-71.
- Khan, Z. R., Pickett, J. A., Wadhams, L., Muyekho, F. (2001). Habitat management strategies for the control of cereal stemborers and striga in maize in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 21(4), 375-380.
- Maas, B., Clough, Y., Tscharncke, T. (2013). Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology letters*, 16(12), 1480-1487.
- Mols, C. M., Visser, M. E. (2007). Great tits (*Parus major*) reduce caterpillar damage in commercial apple orchards. *PLoS One*, 2(2), 202.
- Morales, H., Perfecto, I. (2000). Traditional knowledge and pest management in the Guatemalan highlands. *Agriculture and Human Values*, 17(1), 49-63.
- Morales, H., Perfecto, I., Ferguson, B. (2001). Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agriculture, ecosystems & environment*, 84(2), 145-155.
- Nigh, R., Diemont, S. A. (2013). The Maya milpa: fire and the legacy of living soil. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(s1), e45-e54.
- Normile, D. (2013) Vietnam turns back a 'Tsunami of Pesticides' *Science*, 341 (2013), pp. 737-738.
- 大野和朗(2009)土着天敵保護による生物的防除. *バイオロジカルコントロール*, 51-64.朝倉書店.
- Pretty, J., Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152-182.
- Schneider, M. K., Lüscher, G., Jeanneret, P., Arndorfer, M., Ammari, Y., Bailey, D., Eiter, S. (2014). Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. *Nature communications*, 5, 4151.
- Settle, W. H., Ariawan, H., Astuti, E. T., Cahyana, W., Hakim, A. L., Hindayana, D., Lestari, A. S. (1996). Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology*, 77(7), 1975-1988.
- van Lenteren, J. C. (2000). A greenhouse without pesticides: fact or fantasy?. *Crop Protection*, 19(6), 375-84
- Wyss E, Niggli U, Nentwig W. 1995. The impact of spiders on aphid populations in a strip-

managed apple orchard. *J.Appl.Entomol.* 119:473-78.

Wyss, E., Luka, H., Pfiffner, L., Schlatter, C., Gabriela, U., Daniel, C. (2005). Approaches to pest management in organic agriculture: a case study in European apple orchards. *Cab International: Organic-Research.* 33N-36N.

Zehnder, G., Gurr, G. M., Kühne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D., Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 57-80.

生産地における生物的防除の実践 ～身近な益虫を営農に活かす～

柿元 一樹

鹿児島県農業開発総合センター

1. はじめに

害虫にとっての「天敵」、他方、我々人間にとっての「益虫」を農業生産の中に取り入れ、害虫防除に利用する生物的防除は、近代的な手法としては 1880 年代後半に「伝統的生物的防除（外部から新しい天敵を導入して定着させ、永続的な防除効果を得る手法）」の成功例を契機として開花したとの記載がある（平嶋，1986）。人為的に節足動物である天敵を放飼して害虫防除を図る「放飼増強法」は、1920 年代にはすでにイギリスで着手されていた（矢野，2003）。また、昆虫寄生性の微生物である *Bacillus thuringiensis* (BT) は害虫防除において最も利用されている生物的防除資材であり、本天敵微生物は 1927 年に製剤化された（浅野，2009）。チャの害虫であるチャハマキおよびチャノコカクモンハマキに寄生する顆粒病ウイルスは、1990 年に鹿児島県において増殖施設が配備され、農業者組織が施設の運営を図りながらウイルス製剤を利用する仕組みが構築されていた（西・野中，1995）。以後、農薬取締法の改正に伴って、増殖および利用の形態は変わったが、生物的防除資材を実需者が維持・運営しながら各地域で安価で利用できる仕組みは、今振り返ってみても画期的なものであったと言える。

以上のように、害虫防除に係る生物的防除の歴史は非常に長く、この場で端的に整理することは難しいが、現在、天敵を利用した生物的防除技術はより普遍的で高度な技術に洗練され、作物によっては一般的な生産技術として位置づけられるようになるなど、大きな飛躍を遂げたと述べても過言ではない。本講演では、鹿児島県において普及している技術の一部について紹介させていただく。なお、本講演で紹介する内容の一部には、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の「ギフアブラバチの大量増殖と生物農薬としての利用技術の開発；実用技術開発ステージ；25053C；平成 25～27 年度」および同事業「登録農薬の少ない地域特産作物（マイナー作物）における天敵利用技術の確立；発展融合ステージ；27009B；平成 27～29 年度」の研究成果を含むことを予め申し添える。

2. 施設栽培ピーマンでの生物的防除

鹿児島県は国内有数のピーマン生産地で、冬春期に生産される作型では国内 2 位の生産量を誇る。一般的には、8～9 月に定植され、厳寒期には加温しながら翌年 5～6 月まで生産される。施設栽培ピーマンでの病虫害防除は、生物的防除資材を活用しながら必要に応じて化学農薬を使用する IPM である。ピーマンでの IPM は、技術レベルに応じて 4 段階に区分できるとみており（表 1）、農業者の熟練程度や経営方針等に応じてそれぞれの体系を提案している。我が国における生物的防除を大きく飛躍させたスワルスキーカブリダニは、施設栽培ピーマンではベースとなる手段である。本種によるタバココナジラミおよびチャノホコリダニに対する防除効果は極めて高いが、アザミウマ類に対してはその発生量が多くなると十分な防除効果が得られない。このため、アザミウマ類に対してはタバコカスミカメまたはタイリクヒメハナカメムシといった捕食性カメムシ類を活用することで、防除効果は大きく向上する。鹿児島県では、タバコカスミカメはほとんどの地域に生息していると考えられるため、基本的にはゴマやフウチョウソウ等の植物を

用いて自家採集が可能である。タバコカスミカメの自家採集ができなかった場合には、生物農薬として販売されているタイリクヒメハナカメムシを導入する。

このステップアップの過程で重要な要素が、うどんこ病の対策である。うどんこ病は、施設栽培ピーマンでは必ず発生すると言っていいほど重要な病害であり、いったん発生するとその被害を抑制することは非常に困難である。殺菌剤の中にはスワルスキーカブリダニに対して影響を及ぼす薬剤がある。このため、スワルスキーカブリダニを導入していても、うどんこ病が発生したことによって殺菌剤の散布を余儀なくされ、殺菌剤の影響によってスワルスキーカブリダニが減少し、結果的に害虫への防除効果が十分に得られないケースを多数見てきた。また、うどんこ病は乾燥条件で発生を助長しやすい。このため、うどんこ病の発生を避けるためにあえて高湿度条件を維持しながらピーマンを栽培する農業者もいる。しかし、このような条件では、当然ながら高湿度で発生しやすい斑点病等の病害を助長し、この病害防除のための殺菌剤によってスワルスキーカブリダニが影響を受けるケースも多くある。すなわち、うどんこ病に対する抑制管理がスワルスキーカブリダニの安定的な防除効果の鍵となるわけである。くん煙器を用いた硫黄剤によるうどんこ病の防除は、以下の理由で上述の悪循環を解決可能である。①うどんこ病の防除に有効である。②スワルスキーカブリダニへの影響が小さい。③うどんこ病を抑制できることで施設内を乾燥条件で維持しながらピーマンを栽培できるため、過湿により招いていた病害の発生を抑制できる。このことで、殺菌剤の散布が大幅に低減されるのはもとより、スワルスキーカブリダニの活動を阻害せずに包括的な病害虫管理が可能である。ピーマンでの IPM 技術の高度化により問題となる害虫がアブラムシ類である。本害虫に対しては、コレマンアブラバチ等の寄生蜂とヒメカメノコテントウを活用することで安定的に防除可能な水準まで到達している（柿元，2018）。

化学合成農薬の使用が大きく制限される有機栽培仕様では、Level 4 の技術を導入する必要がある。演者が長年支援させていただいた有機栽培のピーマン生産者は、Level 4 の技術を駆使しながら安定的なピーマン生産を目指している。年によって突発的な病害虫被害もあり、全ての課題が解決に至ったわけではないが、年々安定的に病害虫被害を抑制できるようになっている。施設栽培の他の作物でも共通して活用可能な技術もあるではなからうか。

表 1 施設栽培ピーマンでの病害虫に対する IPM ピログラム

技術レベル	対象病害虫	防除手段			
		スワルスキーカブリダニ	硫黄燻煙	タバコカスミカメまたはタイリクヒメハナカメムシ	寄生蜂＋ヒメカメノコテントウ
Level 1	アザミウマ類	○			
	タバココナジラミ	○			
	チャノホコリダニ	○			
	アブラムシ類				
	うどんこ病				
Level 2	アザミウマ類	○			
	タバココナジラミ	○			
	チャノホコリダニ	○			
	アブラムシ類				
	うどんこ病		○		
Level 3	アザミウマ類	○		○	
	タバココナジラミ	○		○	
	チャノホコリダニ	○			
	アブラムシ類				
	うどんこ病		○		
Level 4	アザミウマ類	○		○	
	タバココナジラミ	○		○	
	チャノホコリダニ	○			
	アブラムシ類				○
	うどんこ病		○		

3. 露地栽培オクラでの生物的防除

施設栽培作物は、作物の種類や生産時期によって技術水準や普及程度にやや濃淡はあるものの、積極的に天敵を活用した生物的防除が導入されるようになった。今後我々に求められる害虫防除は、一年生露地栽培作物への生物的防除の展開である。本会議で基調講演される大野教授が紹介されると思うが、露地栽培作物の害虫防除において中核的な役割を担うのが、土着天敵の機能を最大限に活用した保全的生物的防除であり、国内では「土着天敵の保護強化」と提唱されている（大野，2009）。ここでは、露地栽培のオクラを例に、生物的防除の実践例を紹介する。なお、鹿児島県は国内最大のオクラ生産地で、国内生産量の約4割を占める。本県の主産地は薩摩半島南端に位置する指宿市である。当生産地のオクラは主に3月下旬～5月中旬の間に播種する。3月下旬に播種する作型はトンネル栽培と呼ばれ、播種後5月中旬までビニル被覆され、以後露地栽培となる。4月下旬～5月中旬に播種される作型が露地栽培と呼ばれる作型である。

「もっと早く天敵が発生してくれれば・・・」。このような経験をされた方も多いのではなかろうか。ここで紹介する技術は、土着天敵をいかに速やかに、安定的に且つ持続的に作物へ呼び込むか、という技術である。当県のオクラでの最大の害虫はアブラムシ類である（柿元ら，2015）。演者らは、天敵温存植物としてソルゴーを活用することで、ソルゴーに発生するヒエノアブラムシなどを餌に土着天敵が増殖し、この土着天敵がオクラで発生するアブラムシ類の防除に有効であることを示した（柿元ら，2015）。なお、アブラムシ類に対するソルゴーを活用した土着天敵の保護・強化技術は、既に一般的な技術として認識されており、演者らが見出した新規性のあるものではないことを予め述べておく。一方、天敵温存植物としてのソルゴーは、オクラの栽培期間を通して活用できるものではない（柿元ら，2015）。なぜなら、ソルゴー上で餌のアブラムシ類が発生し、これに対応して土着天敵が増殖する時期は、年に関係なく概ね7月中旬以降であるためである。すなわち、オクラの栽培前半期に相当する3月下旬から7月上旬までは、新たな天敵温存植物の利用が必要となる。

一般的に、天敵昆虫（ダニを含む）の発育限界温度は害虫よりも高い（桐谷，2012）。気温が低い春期に、天敵の発生が害虫よりも遅れを伴う要因の一つには、害虫と天敵での活動温度域の相違もあるのではないかと考えている。この課題を解決するための方策の一つが、作物栽培圃場近隣に早い時期から天敵が生息するような環境を創出するための植生管理技術である。このような植生管理技術の手段として、土着天敵の温存に有効な植物を比較した結果、緑肥としても活用されるシロカラシ、クローバ類、ハゼリソウ、ヘアリーベッチ等が春期の天敵温存植物として有効であることを明らかにした（図1）。具体的には、オクラの作付けに先だって、2月中までに圃場周囲に天敵温存植物を播種する。3月下旬から4月上旬になると、温存植物に発生するアザミウマ類やアブラムシ類、あるいは植物が供給する花粉・花蜜が餌となって、様々な土着天敵が発生する（図2）。圃場周囲で発生した土着天敵は、オクラへも移動し、オクラの栽培初期からアブラムシ類を抑制するものと推察される。このような植物とソルゴーを併用することで、オクラではアブラムシ類に対して殺虫剤を使用することなく栽培可能な水準まで達している。冬期～早春期に天敵温存植物が播種できなかった場合には、春期にソルゴーを播種すると同時期にソバ等を活用することでも一定の防除効果が得られる。また、直近では、このような植生管理技術によってオクラ上で増えた捕食性天敵が、チョウ目害虫の発生量の抑制にも関与している可能性を示す知見を得た。当該技術は、春夏作の作物で、アブラムシ類やアザミウマ類が問題となるものには適用できるものと推察される。



図1 春期に露地作物圃場で活用する天敵温存植物

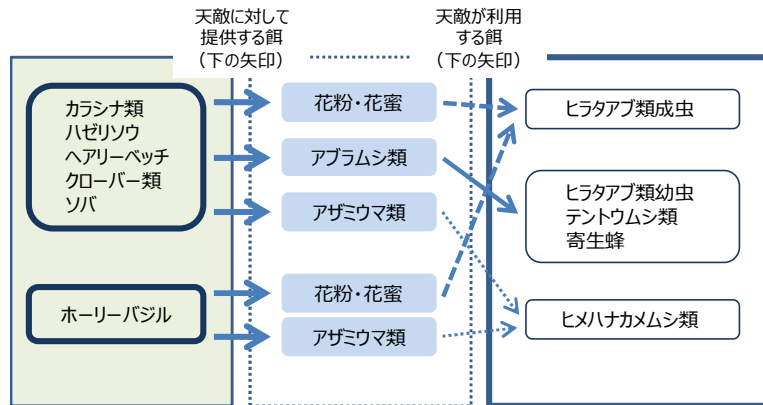


図2 天敵温存植物が提供する餌と天敵の種類の相互関係

4. 最後に

様々な品目で生物的防除の実践に係る企画や助言を求められる機会をいただく。現在でも、天敵が実用的に活用できる害虫とそうでない害虫があり（表2）、作物や作型によっても当然導入の可否は異なってくる。生物的防除が実用的な手段でない場合には、耕種的防除や物理的防除を効果的に取り入れる必要がある。実際に相談を受けたケースの中には、断片的な情報を頼りに自ら生物的防除にチャレンジし、実際には全く異なる手段を用いているものも少なくない。基本的なことではあるが、防除の組み立てには、作物、困っている害虫、時期、生産期間を明確にし、その上でプランニングを検討することが何より重要であると考えます。生産期間が短い等、天敵導入の費用対効果が低いと想定される場合もある。いかなる生産方式においても、まずは課題と目的を明確にすることが重要であるし、我々も正確な情報を効果的にお伝えできるような仕組みづくりをもっと考えなくてはならない。

表2 多くの作物で問題となる代表的な害虫と生物的防除技術の導入状況

害虫の種類	実用レベルでの生物的防除技術の導入	
	天敵昆虫・ダニ	天敵微生物
アザミウマ類	○	△
アブラムシ類	○	△
コナジラミ類	○	△
ハダニ類	○	△
ハモグリバエ類	○	×
カメムシ類	×	×
チョウ・ガ類	×	△
甲虫類(ハムシやコガネムシ等)	×	※

○:実用的レベルでの活用が可能

△:実用性はあるが補完的な活用

※:極一部のケースで活用

引用文献

- 浅野眞一郎（2009）昆虫病原微生物の戦略-昆虫病原細菌. バイオロジカル・コントロール 害虫管理と天敵の生物学（仲井まどか・大野和朗・田中利治 編），朝倉書店（東京），pp. 129-134.
- 平嶋義宏（1986）害虫防除-生物的防除. 新応用昆虫学（斉藤哲夫・松本義明・平嶋義宏・久野英二・中島敏夫 共著），朝倉書店（東京），pp. 175-192.
- 柿元一樹（2008）シンポジウム「施設野菜栽培におけるアブラムシ類防除のための天敵利用技術」講演要旨.
- 柿元一樹・井上栄明・伊藤由香・田代啓一朗・大野和朗（2015）オクラのワタアブラムシに対する土着天敵の保護・強化法による生物的防除の有効性（現地ほ場での評価；予報）. 九州病害虫研究会報 61: 49-56.
- 桐谷圭治（2012）日本産昆虫，ダニの発育零点と有効積算温度定数：第2版. 農業環境技術研究報告 31: 1-74.
- 西 八束・野中壽之（1995）チャ害虫の微生物的防除. 植物防疫 48: 469-473.
- 大野和朗（2009）総合的害虫管理の実際-土着天敵を利用した総合的害虫管理. 生物間相互作用と害虫管理（安田弘法・城所 隆・田中幸一 編），京都大学学術出版会（京都），pp. 163-184.
- 矢野栄二（2003）天敵 生態と利用技術，養賢堂（東京），296 pp.

熊本県における施設有機トマト栽培の実際

角心拓也

熊本県宇城市在住

1. 研修、そして新規就農 4 年目の現状

2014 年、熊本県有機農業研究会が設ける有機農業者養成塾の 4 期生として、1 年間の研修を受けた。研修先は、有機トマトを大規模で栽培している先進的な農業法人「肥後あゆみの会」。期間中、青年就農給付金（準備型）を受給した。

2015 年、研修先と同じ町内で就農。青年就農給付金（就農開始型）を夫婦で受給している。

青年等就農資金（公庫からの融資制度）を活用し、700 万借入れ、ハウスの建設などの初期投資に充てた。

圃場面積は 40a からスタートし、その後、徐々に圃場面積を増やし現在は 90a である。

自家用の水田 10a 以外の生産圃場 80a は、有機 JAS 認証を取得している。

農産物は「肥後あゆみの会」を通じて、関西中心の生協、販売業者へ販売している。

労働力は基本的に、妻と私の 2 人。トマトの収穫選果で最も忙しい時期にはパートを雇用している。

今期の作付けを表 1 に示した。施設は、就農スタート時のみ新品の単棟ハウス 20a 分を購入した。その後、中古の連棟ハウス 23a と 15a を購入。解体、移設、建て込みを業者委託ではなく、経験者の協力を得て自分たちで行ったことで工賃を大幅に抑えることができ、人件費、機械リース費、交換部材費などを含めても、新築費用の 10 分の 1 で建てることができた。



表 1 今期の作付体系（予定含む）

栽培作物	栽培場所	面積(a)	植え付け時期	収穫期	備考
大玉トマト	加温ハウス	23	2月	5~6月	
ミニトマト	無加温ハウス	5	8月	9~12月	
スイートコーン	無加温ハウス	5	1月	5月	
スナップエンドウ	加温ハウス	5	10月	1~4月	
茎ブロッコリー	露地	10	9月	12~2月	
ソラマメ	露地	5	10月	5月	
水稲	露地	10			自家用

2. 有機農業へのきっかけ

就農前には、飲食店の管理を 5 年ほど勤めた。30 歳になった時、本当に自分がやりたいことを追求してみようと思い退職。その後、就農相談会に行き、そこで有機農業を学べる研修制度の説明を受けた。また、研修先の肥後あゆみの会代表の澤村輝彦氏を紹介していただいた。

澤村氏との最初の出会いで、農業経営の難しさ、農作物管理の難しさを聞くことができた。「生

半端な覚悟では痛い目にあうぞ」と釘を刺されながらも、その困難の先にある農業の醍醐味を話していただいた。直感的に「あっ、この人こそ私の師匠だ」と思い、研修を申し込んだ。

なぜ、自分は有機農業の道に進もうとしているのか？ 澤村氏より受けた研修を通して、見出せた気がしている。

中でも、畑というゼロのフィールドに、堆肥や緑肥などで生産基盤を整えるために土づくりに時間と労力をかけ、そこに種を播いたり、苗を植えたりして生産がスタートすること。さらに、管理に長い時間をかけ、ときには天候に翻弄されながらも収穫にたどり着けること。そして、この栽培管理そのものが「ものがたり」となり、農産物という商品に宿すことができること。その商品を消費者に買っていただく際、自信を持って説明できること。これらのことを通して、「自分が一番やりたい商売はこれだ」と感じる事ができた。特に、有機農業では生産者と消費者との関係が結構近くに感じられ、顔の見える商品のやり取りが、出来そうなのも期待が大きいことであつた。

3. 大玉トマトの有機栽培

(1) 作型（促成加温型）

この地域の大型トマト栽培では、8～9月に定植し、11月に出荷が始まり、6月に終了する作型が一般に行われ、20段以上の収穫が可能である。

しかし、私の現状の栽培技術では、加温コストと病害リスクのバランスを考えると恐ろしくてできない。

図1に大型トマトの栽培ごよみを示す。現状では厳寒期の加温コストと疫病等の栽培リスクを最低限に減らして、収量の確保ができる最も安全な作型だと思っている。

当地域では、コナジラミが媒介する黄化葉巻病が深刻な問題であるが、この作型だと発生が始まる5月ごろには摘芯を終えているため生育には影響しない。

1月	定植準備	
2月	定植（2月半ば）	加温期
3月	）	
4月	収穫開始（4月後半）	
5月	）	
6月	収穫終了（6月末日）	
7月	トマト片づけ後、ソルゴー播種 ※10kg/反	
8月	ソルゴー粉碎 ※播種後50日ほど	
9月	浅耕を3回ほど繰り返し分解促進	
10月	廃ビニールで覆い太陽熱処理（白絹病対策）	
11月	天井ビニール被覆	
12月		

図1 大型トマトの栽培ごよみ

(2) 品種

マイロック（サカタ）

麗夏（サカタ）※今期導入予定

(3) 肥料

自家製ボカシの材料は、米ぬか、赤土、魚粕、菜種油粕、海草肥料、草木灰である。ボカシの発酵中盤にいれるミネラル分として、カキガラ、アイアンパワー、マンガンパワー、FTE-1を使用している。

腐植として泥炭を、その他に竹パウダーも利用している。

材料	量
種菌（糠）	30kg
赤土	60kg
魚粕	40kg
菜種油粕	60kg
昆布	45kg
米ぬか	60kg
モミガラ燻炭	10kg

➡

C/N値 10前後
N:2.8kg、P:2.4kg、K:1.4kg
総量 300kg

図2 自家製ボカシの材料と成分（例）

元肥に、自家製ボカシ（ミネラル分を含む）を300kg/10a 施用し、追肥は、50kg/10a を、畝の裾あたりには穴肥え、通路には溝施肥をしている。

また、澤村氏も使用している自然農業の資材を活用している。自然農業を提唱されている韓国の趙漢珪さんの教えも取り入れている。ボカシづくりにも、天恵緑汁、水溶性カルシウム、水溶性リン酸カルシウム、玄米酢、漢方栄養剤、海水などの資材を葉面散布することで植物の地上部での活性化を図っている。

(4) 仕立て、ハウス内の環境づくり

畝幅 90cm の高畝に、株間 35cm で一条植え、直立仕立て。植え付け本数は、2,000 株/10a。

マルチは、冬季にハウス内の地温上昇と雑草抑制のバランスが良いグリーンマルチ 0.02mm を使用。6 月以降は地温下げるためにマルチを剥ぐ。

ハウスは 2 重被覆で、外張り PO フィルム 0.075mm、内貼り PO フィルム 0.05mm。

加温機の設定温度は、13～16℃。

灌水は、ボーリングした地下水を点滴チューブで行う。

交配には在来のクロマルハナバチを使用している。

(5) 病害虫対策

私が行っている作型でまず気を付けなければいけないのが、えき病である。低温多湿時には爆発的に広がる。3 月末～4 月いっぱい危険なシーズン。この時期は、夜温が徐々に高まり、加温機の稼働率が低くなってくるため、あえて設定温度を高めて稼働時間を増やして湿度を減らすようにしている。

えき病菌は水を介して伝染していくため、水分管理を慎重にし、葉露をあまり打たせさせないように管理している。根本的には窒素優先、窒素過多の生育が原因だと感じているので、樹勢の持って行き方に気を使っている。一度、予防的に石灰ボルドーを試してみたが実が汚れるし、効果はあまり感じなかった。

表 1 主な病害虫への対策

病 害		
病名	対策	
えき病	ハウス内を低温多湿にしないように加温機の設定温度で調整。夜温の予報気温が設定温度前後のときは思い切って設定温度を上げて加温機を稼働させるようにしている。	
灰色かび病	発生前からボトキラー水和剤（生物農薬）の継続的なダクト散布をしている。	
葉かび病	マイロックは葉カビにかなり強いので発症しない。	
うどん粉病	硫黄粉を散布。	
白絹病	作終了後に太陽熱処理で殺菌している。	
青枯れ病	対処法模索中である。	
虫 害		
虫名	対策	備考
サビダニ	硫黄粉または、硫黄フロアブルで対応予定。	作型的に虫害はほとんどないが、一応常備薬として記載した。
アブラムシ	ポタニガード（生物農薬）で対応予定。	
ヨトウムシ	BT 剤で対応予定。	



図 3 左のビンが水溶性 Ca（焼成牡蠣殻+玄米酢）、右が水溶性 PCa（焼いた豚骨+玄米酢）

その後に見えるのが灰色カビ病。ここ 2 年間は空梅雨で助けられているが、雨天時には必ず姿を現すので、ボトキラー水和剤（納豆菌の仲間）のダクト散布で、有用菌のハウス内密度を増やすように心掛けている。

今年は白絹病に悩まされたが、太陽熱処理で容易に殺菌できるとの報告があり現在実践中である。一番怖いのが連作障害の青枯れ病だが、現ハウスではまだ発生していない。ただ、別のハウスで夏場のミニトマトが半分枯れてしまったことがあるので、かなり警戒している。といっても、これと言った対処法はまだ見つからないのが現状である。

(6) 生育管理

初期の水管理、施肥管理で窒素過多にならないようにしている。第一花房の交配期はまだ低温気なので窒素過多状態だと花落ちして、第 2 花房以降の着果率にも影響する。この栄養生長から生殖生長への切り替えがスムーズにいかないと作全体がぶれてしまうので初期の管理はかなり慎重になる。生理障害の尻ぐされなどもアンモニア態窒素過多によるカルシウム吸収阻害からの欠乏症へと結びついているようである。また、灰色かび病、うどん粉病などへの抵抗力も落ちていく。第 1 花房の確実な着果を確認してから灌水量を増やしていき、追肥を効かせるようにしている。



5 月半ばからハウス内は温度が高くなってくるので、遮光ネット（遮光率 20%ほど）を被覆して、果実の高温障害を防止し、地温を抑制して青枯れ病に対処をしている。

梅雨時期には、高温多湿になり完熟までおくと裂果が増えるので、色が多少淡くても割れる前には収穫をするようにしている。

(7) 今後の目標

石油価格の高騰でボイラー代が嵩むうえに、ビニール資材や輸送コストの高騰もあり、販売原価が上がり、利益率が下がっているのが現状である。そこで、収量の増加を図るため、定植時期を早めて、ハウスの稼働期間を伸ばしていかなければならない。そのためには、冬季の病害を克服することが大前提になる。トマトにとっての健全な生育環境を追求して病害を発生させない栽培がますます重要となる。

未熟な技術で施設単作をするのは結構リスクが高いが、挑戦する魅力も大いにある。規模拡大を図っているが、それに見合う労働力の確保がまだできていない。常時雇用を入れても継続できる、安定した農業経営を目指している。

「オーガニック」といった付加価値も大事な気がするが、やはり「おいしい」が最も重要だと感じている。口にすることが安全なのは当たり前の話。「オーガニック」+「おいしさ」。そしてそれらを持続的に生産し続けられるように、安定した収量を得るための「技術」の確立が第一と考えている。決して簡単ではないが、そのことを追求することが自分にとってもこれからの社会にとっても必要なことと思ひ、今後とも精進していきたい。

参考資料

澤村輝彦 (2016) 「熊本県における施設有機トマト栽培の取り組み」有機農業研究者会議 2016 資料集, 28-32.

奈良県における大規模施設葉物栽培の実際

石本 淳史・山口 貴義

有限会社山口農園

1. 山口農園の概要

山口農園のある宇陀市榛原は、奈良県の北東部に位置し、標高が 450m ほどの中山間地域である。平地に比べると、気温は少し低く、朝夕の寒暖の差が激しいため、朝霧が良く発生する。

こういった環境下では葉物野菜がしっかりと育つため、宇陀市は昔から葉物野菜が盛んな地域となっている。近年では難しくなったが、夏場にホウレンソウが作れるなど、ホウレンソウ栽培にも力を入れていた地域であった。

その名残として、「寒熟ちぢみほうれん草」という冬季限定のホウレンソウもまだまだ根強い人気がある。



山口農園もホウレンソウをはじめ、小松菜や水菜などの葉物野菜の通年栽培に取り組んでいる。ビニールハウスは大小さまざまで計 165 棟、管理面積は約 10ha である。年間の売り上げは約 1 億 7 千万円である。

2018 年 8 月末現在、社員 14 名、パート 32 名、研修生 2 名、シルバー人材センターからの派遣 9 名で運営を行っている。

2. 家族経営から法人経営に

山口農園は、2005 年に家族経営の個人農家より法人化した。法人化した大きな理由は、労働環境の改善であった。家族のみで経営していると、全体的に緊張感がなくメリハリをつけることが出来ず、仕事の効率が悪くなった。また、繁忙期には作物があふれ返り、計画的な出荷も出来ず、無理をしてしまうことも多々あった。

たとえば労働時間では、季節によるが朝 5 時前から夜 23 時を過ぎても作業をすることもあり、休みは雨が降った日と、お盆と正月のみ。10 年先や 20 年先を考えたとき、「後継者はいるのか?」「生活はやっていけるのか?」などさまざまな課題に突きあたっていた。

これらの課題を解消し、一般の会社と同じような勤務体制で、家族や自分の時間を作れるようにしようと考え、初代社長を中心に法人化をすすめ、現在の会社として運営していくことになった。

3. 農作業の分業化で効率化を図る

山口農園の大きな特徴は一般の会社と同じ、完全分業制を行っていることである。

圃場管理を行い、作物を栽培する生産部。素早く、ていねいに収穫を行う収穫部。袋詰め、箱詰めを行う調整部など。それぞれに専門の部署があり、作業の効率化を図っている。

すべての作業を 1 人でこなすことができる方がたくさんいれば分業化しなくてよいかも知れない。しかし農家を「百姓」というようにすべきことが多く、すべての業務を 1 人で満足にこなす

のはかなり大変なことである。そのうえ、さまざまな業務に着手するため、技術の理解や整理を行うことが出来ず、技術の向上につながらない。

分業化では、個々人の得意分野を生かすことができ、限られた分野の作業のみを継続して行うことが出来る。そのため技術が向上し作業効率が良くなる。十人十色という言葉があるように、人には様々な得手がある。自分では苦手と思っている、実はすごく繊細な作業が出来る人など、自分の魅力は案外自分ではわからないものである。第3者の目で新しく発見される魅力も多々あり、分業化ではこういった人材の発掘にもつながっている。

4. 有機農産物のみを栽培

山口農園では、すべての作物を有機農業で、ビニールハウスで栽培している。

有機 JAS 認証のルールとして、有機栽培以外のものを生産すると、作物の置き場所や道具まで別々のところで管理する必要がある。そうすると調整場や資材までもが 2 倍必要となる。また、技術指導の面においても、栽培の幅が増えれば増えるほど伝える量も多くなるため、有機栽培に特化したほうが効率よく伝えることが出来る。

5. 点在する農地をエリアに分けて管理

大小計 165 棟のビニールハウスを 3 か所のエリアに分けて管理している。

なぜ 3 か所に分かれているのか？ それはリスク回避のためだけではない。離農者や荒廃地など土地を利用してほしいという依頼があるからである。

奈良県でも高齢化は例外なく進んでおり、山口農園がある地域でも農家の平均年齢は 70 歳前後となっている。広くはない農地が数多くあり、それぞれに所有者がいる。山口農園には、荒廃地になる前に活用してほしいという依頼が数多く寄せられる。しかし、小さな農地があちこちに点在しているのは移動に時間がかかるばかりで、非効率である。

そこで、農地を 3 つのエリアに分け、出来るだけ地域の農地が耕作放棄地にならないように取り組んでいる。

6. 有機栽培の実際

(1) 栽培の留意点

冬季は夏季の約 3 倍の栽培期間を要する。そのため、ほぼ周年で収穫できるように、播種時期を考慮している。また、虫害などで収量が少なかった場合を考慮して、すべての品目で顧客からの需要量の約 1.2 倍の面積を栽培している。

夏季のみ栽培する品目には、ツルムラサキ、モロヘイヤ、エンサイ、大葉がある。また、夏季には栽培しない品目は、ハウレンソウと春菊。以前は夏季にも栽培していたが、温暖化の影響か、収量が悪くなったため栽培を見送っている。

堆肥の施用時期と量は、冬季は土づくりを考慮して 10a あたり 2.5t 程度を、春季と秋季は、10a あたり 1t 程度を作ごとに施用し、施用時にすき込むため夏季には施用は行わない。

雑草の防除は、太陽熱消毒および灌水処理で対策している。灌水処理では、ハウス内で代かきを行い、雑草の種子や過剰な肥料分を洗い流すようにしている。また、雑草の発芽を促し、発芽したのちにすき込み、太陽熱処理を行うことで、種子の絶対量を減少させていると考えている。

さらに、土中の水分量を調整し播種後の散水量を減らすことで、作物の根が張りやすい環境を整え、初期生育を促し雑草に負ける前に収穫できるようにしている。

(2) 自社製堆肥を活用

堆肥は牛糞をベースに米ぬかなどをブレンドしている。農園では資源の地域循環も考え、地元からでる家畜糞や米ぬかをそのままゴミにしてしまうのではなく、地域循環の歯車に組み込むこ

とで、半永続的に続けることのできる産業のモデルケースを作れるよう取り組んでいる。

現在、国内の全農家が使ってもまだ余ってしまうほどの家畜糞が発生しているため、これらの処分が問題となっている。堆肥化され、農地に還元される動きもあるが、焼却処分や、野積みや素掘りで放置されている量も多々ある。このような有り余る資材の積極的な活用は、自然環境の保全にもつながると考えている。

(3) 病害虫対策

葉物野菜の有機栽培は、一般的には病害虫が発生しやすく難しいとされている。葉物野菜は別名「軟弱野菜」ともいわれ、急な豪雨など環境の変化に非常に弱い。施設で水管理を行うことで安定した栽培が可能である。

一番環境の整った時期には、種を播いてから収穫まで 25 日前後という短期間で行うことが可能である。害虫や病気が増えるまでには約 2 週間の時間がかかるので、初期防除さえできれば、きれいな状態で収穫することができる。初期防除として、科目を変更した輪作、防虫ネットの利用、ハウス周辺の草刈り、太陽熱消毒や灌水処理などを徹底している。

さらに、作物の種別を変えることで障害が広がることを防いでいる。たとえば、水菜に害虫が発生した場合、同じアブラナ科のものを植えるのではなく、キク科の春菊を植えることで被害を最小限に食い止めている。これは、水菜を食べる虫は春菊を食べることが出来ず、徐々に数を減らすことが可能となるためである。露地栽培では虫の行き来が簡単に行えるため、このようなことはできないが、施設という外部環境から切り離された空間だからこそできる防除方法である。さらに施設では、密閉が可能であるため施設内温度が高くなり太陽熱消毒の効果が高くなる。

しかし、害虫防除では頭を悩ましているところもある。アブラナ科の野菜に発生する「キスジノミハムシ」。当初は 1mm 目合いの防虫ネットで防除していた。しかし、さらに小さな個体が発生し、その個体はネットを行き来できるため生存率が上がっていく。そうして生き残った小さな個体のみが繁殖し、食害を防ぐことが出来なくなった。

現在、この目合いを 0.8mm に変更することで一時的に防ぐことが出来るようになったが、またそれに対応できる個体が増え、現在では 0.6mm でないと防ぐことが出来なくなっている。このような現象は農薬で防除すると耐性のある虫が発生するのと同様のことと考えている。そのため、草刈りなどをきっちり行い、環境を整備することで病害虫の発生を極力少なくし、土づくりにより、健康的な野菜の生育環境を作り、生態系の調和を整えることが一番の防除だと考えて栽培している。

有機 JAS 認証で使うことが出来る農薬があったとしても山口農園では一切使っていない。先の理由に加え、農薬や化成肥料は化石燃料を使って生成されているため、限りある資源を未来の人のために残すべきと考えるためである。

こういった農業の現状を一般消費者の方にも目を向けてもらえるよう、機会を利用して事業説明だけでなく農業の現状や課題まで野菜を手にとってくれる方に伝えるようにしている。

7. 計画生産で農産物の販路を確保

有機 JAS 認証の野菜の出荷先は、こだわりの商品を必要とするスーパーや百貨店、飲食店などである。

葉物野菜は他の野菜に比べると、鮮度の劣化が早いため、販売にはスピードを要する。作物が仕上がってから、販路を探すのでは遅く、買い手がついたころには商品の劣化が始まってしまい、美味しい商品をお届けすることが出来ない。

そのため、この時期にはこれだけの量を出荷するという計画のもと、その出荷を途切れさせないように計画生産に取り組んでいる。

8. 担い手の育成にも着手

山口農園では、2010年より奈良県公共職業訓練委託校としてオーガニックアグリスクールNARAを開校し、全国でも珍しい農業生産法人が有機農業の学校を運営し、担い手の育成、農業分野の人材育成に取り組んでいる。

現状では、農業の勉強をしたくても、学校のような学べる場所は少なく、あったとしても慣行栽培ばかりである。そこで、初心者でも理解できるように有機農業を基礎から伝え、鍬や鎌の使い方から、どのように植物が育つかといった植物生理まで教えている。

県内だけではなく県外の受講生にも対応できるように、寮も完備している。受講生の卒業後の進路として、雇用就農や独立就農を目標としている。

今日では、「半農半X」という言葉が世の中に生まれるほど、農業部門での仕事は多様化している。自分の作った野菜で料理を提供する農家レストランや農家カフェ。農的な暮らしの体験ができる農家民泊。生産者だからこそ伝えることのできる苦労話や美味しい食べ方など、食育も農業の部門と大きく関わりを持つようになった。このような状況の中、就職支援としてさまざまな職種に対応できるように、カリキュラムを組んでいる。

独立就農の場合、半年学んだだけでは不安が強く残る。夏場は植物の生長が早く、うまくコントロールするのが非常に難しい。冬場はその逆で、作付けが遅すぎると寒さのため、ほとんど生長しなくなる。そこで最低でも2年の経験を積み、その土地ならではの風土を感じ、次の一手を考えることが出来るようになる必要がある。そのため山口農園では、卒業後に制度を活用し、研修生として受け入れを行い、さらに有機農業の技術や経営方法を体感することが出来るように受け入れ態勢を整えている。

研修後、土地の斡旋や行政との調整など行い、独立に繋げている。また、山口農園グループを形成し、独立した方に販路の支援など行い、就農後の経営的に一番不安定な時期を乗り越えることが出来るよう支援も行っている。

こういった取り組みにより、山口農園から同じ方法で栽培を行うメンバーが生まれ始め、現在では9人のメンバーが農園より独立し、同じ志のもと、地元を、そして農業を盛り上げるべく頑張ってくれている。

9. 今後の取り組み

13年前の会社設立当時は5名で運営を開始し、その取り組みに近隣の方から賛同を得て、農地を拡大してきた。家族経営から働く人を抱えることのできる一企業となった。

しかし、自然環境に大きく左右される農業で、大きな規模拡大は非常にハードルが高く、なかなか大きな一歩は踏み出せないのが現状である。

だからこそ、その出来ることをひとつひとつコツコツと一歩ずつ歩いていくしかないと考えて



いる。時代のニーズに対応するため、柔軟的に考え方を変えながら、地域や消費者に信頼され続ける農園を目指し、常に可能性を追求していきたい。

第 2 部

ポスターセッション

コアタイム（ポスター前での説明）

奇数番号 16 時 ～16 時 35 分

偶数番号 16 時 35 分～17 時 10 分

1. 高能率水田用除草機を活用した水稲有機栽培の現地実証試験
2. 西南暖地における「水稲＋露地野菜」の有機二毛作栽培技術の体系化
3. 知多半島赤黄色土壌での有機稲作の実践と検証 ―水田無除草の除草技術体系を考える―長野県の高冷地有機栽培レタスに発生する病害虫とその対策
4. 長野県の高冷地有機栽培レタスに発生する病害虫とその対策
5. ダイコン残渣を用いた生物的土壌くん蒸によるハウレンソウ萎凋病の防除とハウレンソウケナガコナダニの防除対策
6. Organic No-till：茨大農場での不耕起・草生・有機野菜作の研究事例
7. 施設果菜類を中心とした有機栽培による輪作体系の検討
8. 緑肥間作と敷草が葉菜類の収量や土壌に及ぼす影響
9. 害虫が少ない有機栽培に適したキャベツ品種の検討
10. 有機栽培圃場におけるプロテアーゼ生産細菌群集構造ならびにプロテアーゼ活性の変化
11. 有機農業者の技術向上による経営安定に対する支援
12. 有機農業への参入者の現状と課題

高能率水田用除草機を活用した 水稲有機栽培の現地実証試験

三浦 重典¹⁾・内野 彰¹⁾・島 義史¹⁾・上西 良廣¹⁾・早川 宗志²⁾

¹⁾農研機構、²⁾ふじのくに地球環境史ミュージアム

1. はじめに

水稲の有機栽培では雑草対策が重要な課題であることから、農研機構とみのる産業株式会社が中心となり 2015 年に高能率水田用除草機を新たに開発した。本機は、3 輪型乗用管理機の車体中央部に除草装置が搭載されており、ベース車両からの PTO により駆動する。除草機構は、水稲の条間は駆動爪付きロータが回転することにより、株間は揺動レーキが左右に揺動することにより除草を行う方式となっている。本機は、オペレータが除草部を常に視認して作業ができ、かつ車体後部装着方式に比べて欠株が少なく高精度な作業が可能となっていることから、水稲有機栽培を行う生産者等に普及が進んでいる。

現在、農研機構中央農業研究センターでは、埼玉県羽生市の生産者圃場において高能率水田用除草機を活用した水稲の有機栽培試験を実施している。本報では、2017 年と 2018 年に行った試験結果の概要を報告する。

2. 試験方法

試験は、埼玉県羽生市の生産者圃場（約 17a）で実施した。本圃場は、2015 年までは減農薬減化学肥料栽培を行っており、2016 年から有機 JAS 法に準じた栽培管理を開始した。

水稲（品種は「彩のかがやき」）は、2017 年、2018 年ともに 5 月中旬に条間 30cm×株間 18cm で中苗を移植した後、欠株がないよう補植した。処理として、高能率水田用除草機により除草を行う区（K 区）、高精度水田用除草機による除草と手取り除草（約 6 時間/10a）を組み合わせた区（K+T 区）および除草作業を行わない区（無除草区：N 区）を設置した。

機械による除草作業は 3 回実施した。雑草は、移植約 7 週後（幼穂形成期頃）及び収穫期に調査した。水稲は、7 月中旬にサンプリングし茎数、葉色（SPAD 値）等を調査するとともに、収穫期に約 2m²を坪刈りして収量、形質等を調査した。各年の作業日と出穂日は表 1 に示すとおりである。

3. 結果と考察

雑草については、両年ともイヌホタルイとコナギが優占しており、ヒエ類の発生と残存は少なかった。機械除草を行った K+T 区と K 区では、条間の雑草はほぼ完全に除去されており、株間の雑草乾物重も K 区で対 N 区比 35～37%に抑制されていた（表 2）。7 月中旬の水稲の茎数は、両年とも有意差はなかったものの K+T 区と K 区に比べて N 区では 2～3 割程度少なく、葉色は K+T 区で N 区より有意に高かった（表 3）。2017 年の玄米収量（坪刈り）は K+T 区と K 区で 600g/m²以上となった。

本試験を開始した 2016 年は、本代かき第 1 回目の機械除草作業までが 13 日間と長かったことなどから雑草が抑制できず水稲は低収であった。このため、2017 年と 2018 年は本代かきから第 1 回目の除草作業までを 8 日間に短縮し、除草作業を 3 回にするなど除草体系を改善した。これにより、幼穂形成期頃の雑草残存量は顕著に低減し、機械除草のみでも高い収量を得ることがで

きたと考えられる。また、機械除草に加え 10a 当たり 6 時間程度の手取り除草を行うことで、水稲がさらに増収する可能性がある。

以上より、水稲有機栽培において高能率水田用除草機を活用することで、少ない労働時間で高い抑草効果と水稲収量が得られることが示された。今後とも現地試験を継続し、生産者と連携して作業の最適化や生産コストの評価等を行う予定である。

*本報告の一部は「第 18 回日本有機農業学会大会（2017 年）」で発表した。

表1 年次別の作業日と出穂日

作業等	2017年	2018年
代かき	5/11	5/10
移植	5/13	5/12
機械除草	5/19, 5/26, 6/5	5/18, 5/24, 6/4
手取り除草	6/19	6/13
出穂日	8/11	8/9

表2 雑草の残存量

年次	処理	生育期 (g/m ²)		収穫期 (g/m ²)
		条間	株間	
2017	K+T	0.1	4.8	5.9
	K	0.3	45.5	32.1
	N	124.5		141.1
2018	K+T	3.1	5.2	↑
	K	0.0	22.8	調査中
	N	64.8		↓

表3 水稲の茎数、草丈及び SPAD 値(7月中旬)

処理	2017年			2018年		
	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	SPAD値	茎数 (本/m ²)	草丈 (cm)	SPAD値
K+T	456 ^a	86.3 ^a	37.5 ^a	421 ^a	83.8 ^a	32.1 ^a
K	460 ^a	82.6 ^a	36.8 ^a	453 ^a	83.4 ^a	31.4 ^{ab}
N	319 ^a	81.5 ^a	33.2 ^b	343 ^a	79.9 ^b	30.2 ^b

注1) 生育期の調査は2017年は6/29、2018年は6/26に実施

2) 生育期のN区と収穫期は条間と株間を区別せずサンプリング

注1) 2017年は7/18、2018年は7/19に調査

2) 同一アルファベット間は5%水準で有意差なし (Tukey法、n=3)

西南暖地における「水稻＋露地野菜」の有機二毛作栽培技術の体系化

菅蒲 信一郎

佐賀県農業試験研究センター

西南暖地に位置する佐賀県では、有機水稻に取り組み場合、病虫害の被害が比較的少ない早生品種「夢しずく」を、ウンカ対策のために遅植え（6月25～30日に田植え）して栽培することを推奨している（写真1）。今回は、このような水稻に加え、キャベツ、ブロッコリー等の露地野菜を組み合わせた「水稻＋露地野菜」の有機二毛作栽培技術の体系（図1）を検討した。



写真1 水稻の有機栽培圃場

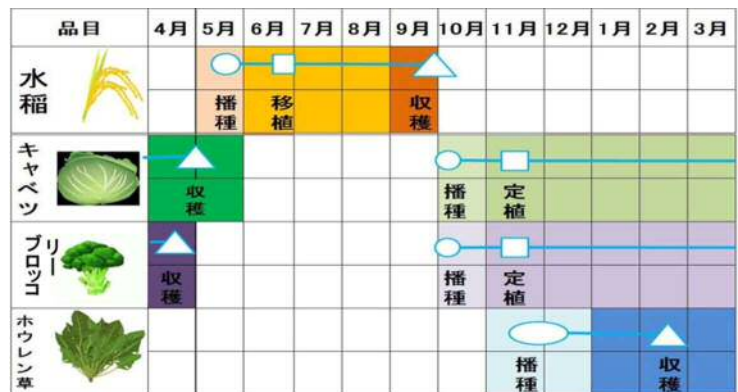


図1 有機二毛作栽培の例

1. 水稻後露地野菜の有望品種と定植時期

水田における有機栽培の露地野菜では、水稻後作のため、定植（播種）時期が11月以降で、収穫は病虫害が多発する5月より以前に終了することが望まれる。

このような中、キャベツは「金春」「春波」「味春」、ブロッコリーは「チャレンジャー」「晩緑99w」「晩緑100」について、定植時期を変えて、収量、品質を調べた（2014～2016年産）。ハウレンソウは、いくつかの品種と播種時期を組み合わせ、冬期～春期の連続収穫が可能かどうか検討した（2014～2016年産）。その結果は、表1のとおりである。

表1 有機露地野菜の品種・定植（播種）適期の検討結果

品目	有望品種	定植（播種）適期
キャベツ	味春（可販売収量が多い）	11月上旬定植（品質が良い）
ブロッコリー	晩緑100（可販売収量が多い、品質が良い）	11月上旬定植（可販売収量が多い）
ハウレンソウ	トラッド7・プラトン・ハンター	3品種を、それぞれ11月中旬と12月中旬に播種することで、1月下旬～3月中旬の連続収穫が可能

2. 露地野菜の施肥法（マルチを被覆する栽培体系での施肥法）

水稻後作の秋～春期の有機露地野菜栽培では、生育中期以降が低温期に遭遇し、有機質肥料の肥効が発現しにくいことが課題となる。また、雑草対策として、マルチを被覆した状態での追肥の施用方法が問題となる。そこで、キャベツのマルチ栽培において、有機質肥料の基肥全量施肥

法や追肥方法を検討した。

その結果、「局所5割・表層5割」施肥の収量が最も多く、次いで「全層5割・表層5割」施肥の収量が多かった(表2)。ただし、「局所5割・表層5割」施肥の場合、局所と表層に施肥する専用の機械が必要となる。よって、これらの機械を必要としない「全層5割・表層5割」施肥(図2)が、最も普及しやすいと考えられた。

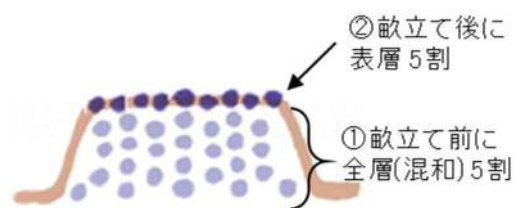


図2 全層5割・表層5割の施肥

表2 水稲後作キャベツでの有機質肥料の施用法と収量(2015~2016年)

施用法	施用窒素量(kg/10a)				可販売収量(kg/10a)
	基肥	追肥1	追肥2	合計	
全量全層	25	0	0	25.0	2,581
局所5割・表層5割 ^{注1)}	25	0	0	25.0	3,676
全層5割・表層5割	25	0	0	25.0	3,346
表層5割・穴肥2回 ^{注2)}	12.5	6.3	6.3	25.0	3,268

注1)局所施用は、株下10cmの位置にすじ条に施用した。

注2)条間に穴(直径3.5cm、深さ6cm)を掘り、肥料を埋め込んだ。

3. 「水稲+露地野菜」二毛作における堆肥連用の影響

露地野菜の有機栽培では多量の有機質肥料を施用するため、後作の水稲では過繁茂となり、病害虫の多発やタンパク質含有率が高くなることが懸念される。そこで、露地野菜(キャベツ)栽培後に、水稲の収量・品質が安定する、堆肥施用量について検討した(図3)。

その結果、キャベツ作付前の堆肥の施用において、2tまでは、キャベツでは施用量が多いと収量がやや増加し(表3)、水稲では収量・品質への明確な影響は認められなかった(表4)。堆肥の連用によって、土壌の腐植は増加し、可給態窒素が増加したが、水稲の草丈・稈長の徒長や倒伏等の悪影響は認められなかった(データ略)。試験開始時の土壌の肥沃度は、全炭素が約2%と「中～やや痩せて」おり、この程度の土壌では、キャベツ作での堆肥2t/10aと有機質肥料TN-25kg/10a施用を4年続けても、水稲への悪影響は確認されなかった。ただし、肥沃な土壌や連用年数が長い場合は注意を要すると考えられる。

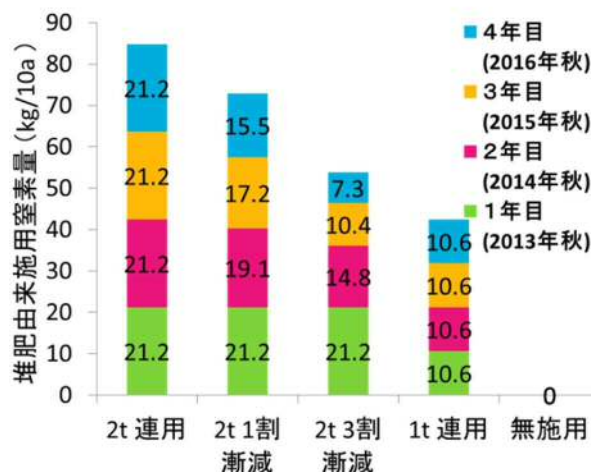


図3 各試験区の堆肥施用量(最下段から順に、1、2、3、4年目の施用量)
注)キャベツに対しては、5つの試験区全てに毎年、TN-25kg/10aの有機質肥料を施用。

表3 各試験区におけるキャベツの収量

堆肥施用量	可販売収量(kg/10a)				
	2014年	2015年	2016年	2017年	4年平均 (対2t連用比)
無施用	2,603	2,492	2,706	2,652	2,613 (90)
1t 連用	2,675	2,726	3,077	2,537	2,754 (95)
2t 3割漸減	2,972	2,752	2,805	2,613	2,786 (96)
2t 1割漸減	2,992	2,753	2,962	2,540	2,812 (97)
2t 連用	3,086	2,842	3,259	2,448	2,909 (100)

表4 各試験区における水稲の収量と品質

堆肥 施用量	精玄米重(kg/a)					蛋白質含有率(%)			
	2014年	2015年	2016年	2017年	4年平均 (2t連用比)	2014年	2015年	2016年	2017年
無施用	48.0	55.3	46.9	48.6	49.7 (101)	6.7	6.3	6.5	6.2
1t 連用	47.6	54.4	47.1	45.3	48.6 (99)	6.9	6.2	6.5	6.2
2t 3割漸減	48.2	56.8	51.3	43.1	49.9 (102)	7.1	6.2	6.5	6.2
2t 1割漸減	51.5	54.7	48.0	48.5	50.7 (103)	6.7	6.2	6.4	6.4
2t 連用	49.7	56.3	46.4	44.0	49.1 (100)	6.6	6.4	6.7	6.3

4. 「水稲＋露地野菜」の有機二毛作の現地実証

有機二毛作の現地実証試験を3か年行った。水稲は「夢しずく」を栽培し、水稲収穫後の露地野菜は、キャベツとブロッコリーを栽培した（写真2）。これまでの試験結果をふまえ、キャベツは「味春」、ブロッコリーは「晩緑100」を選定し、有機質肥料は「全層5割・表層5割」施用を行い、11月上・中旬に定植した。

その結果、2017年産のキャベツ、ブロッコリーについては、2016年秋の断続的な降雨、2017年3月の少雨等の影響で、収量がやや少なかったものの、3年間を通して安定的な収量が確保でき、経営的にも有機二毛作の有効な品目であることを実証した（表5）。



写真2 有機露地野菜の現地実証圃場

表5 有機水稲後の有機露地野菜における10a当たり収量と経営試算

項目	キャベツ(収穫年)			ブロッコリー(収穫年) ^{注1)}		
	2015年	2016年	2017年	2015年	2016年	2017年
収量	3,069kg	3,300kg	2,452kg	1,236kg	801kg	699kg
売上	378千円	389千円	355千円	571千円	525千円	317千円
労働時間	267時間	222時間	281時間	189時間	192時間	243時間
農業所得 (慣行比)	252千円 (130)	264千円 (140)	168千円 (87)	422千円 (300)	382千円 (295)	133千円 (103)

注1) 2015年の収量には、わき芽を含む

※本研究は、農水省委託プロ「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」（平成25～29年度）の支援を受けて行った。

知多半島赤黄色土壌での有機稲作の 実践と検証-水田無除草の除草技術体系を考える-

岩石 真嗣・阿部 大介・安野 博建・榊原 健太郎

(公財) 自然農法国際研究開発センター 知多草木農場

1. はじめに

演者らは、有機水稻栽培の安定生産に向けて、雑草発生量や収量を左右する気候と土性に配慮したいわば『風土産業』¹⁾技術の総合的な適応を課題としている。これまで、収穫後から田植えまでの地温や水分条件によって、稲わらなどの有機物の分解について、栽培開始前までの腐植化を最適化する重要性を明らかにし²⁾、加えて田植え後の異常還元を回避し初期生育の適正化を促す意味で、発酵させた有機物の早期田面施用を柱とした体系の有利性を周知し³⁾普及をはかってきた。そうした栽培体系の継続により雑草の優占しにくい水田土壌構造が発達し、省力的な安定生産が可能になると考えている。そこで2011年から有機栽培で減収し2017年に最低収量となった水田を対象に、除草の必要度を低下する最適耕耘法の仮説をたてて⁴⁾検証した状況を報告する。

2. 研究の方法

供試圃場は自然農法国際研究開発センターの知多草木農場(34° 56'39"N 136° 53'27"E)水田で、農業環境変動研究センター土壌図(<http://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/index.php>)では細粒質普通疑似グライ土に位置する。「あいちのかおり」を栽植して、2017年に最も雑草害が発生し減収した圃場(表1、供試圃場)について湛水耕起を省略(無代かき)し、2018年7月6日に田植え(栽植16.8株/m²)して調査した。両年とも機械除草2回のみで2~3時間/10a(2018年は7月13日揺動除草、8月2日中耕除草)を行い、一部無除草か所を設けた。2017年は田植え前に鉄炭ボカシ100kg(T-N1.6kg/10a相当)をすき込み、2018年は田植え後に米ぬか・油粕を主体とした嫌気発酵ボカシ120kg(T-N6kg/10a相当)を施用した。

2017年12月25日にプラソイラ耕、翌日ロータリー耕で乾燥し過ぎないように経過させ^{*}、翌年に砕土しやすい土壌水分で4月5日、6月5日、7月3日に耕深10cmで耕耘した。日減水深20mm以上を目標に、地表近くを細かく下層を粗く耕起し、代かきを省略する必要な均平をはかった。

※前年度は冬に粗反転耕(プラソイラ耕)を繰り返して乾燥が進み土壌が固結し均平化できず、代かきを行った反省から、今年度は水尻を止め過乾燥を防いで耕起砕土した。

3. 結果

供試圃場の日減水深は、前年度が栽培期間を通して5mm未満であり、本年度は田植え時14mmとなり、除草後には5mm程度に低下したが、中干し後8~10mmに回復した。9月8日に出穂期を迎え、この間に8月上旬から入水を止め同22日に排水溝をたて最低限の間断灌水ができた。

2018年8月18日調査の無除草か所の雑草乾物重は134g/m²で水稻乾物重は363g/m²で雑草重量群落比が0.24であり、前年度(表1)に比べて雑草は半減し水稻は2倍近くとなり雑草重量群落比が0.46ポイント低下した。前年と同様に雑草のうち最も多かったコナギは2018年に600本乾物重が96g/m²で、前年本数(539本)と同程度で前年重量(317g)から大きく減少した。

また8月10日時点の茎数は336本/m²で無除草か所茎数が309本/m²となり、前年度(表2)に比べ水稻は倍程度まで生育した。

表1 前年の田植えと無除草か所の雑草発生量調査（2017年）

圃場	田植え	栽植株数/m ²	調査日	雑草 (g/m ²)	水稻 (g/m ²)	WAR
供試	7月 4日	16.7	8月 14日	317	138	0.70
参考1	6月 26日	12.4	7月 31日	241	154	0.61
参考2	7月 6日	16.3	8月 18日	139	342	0.29

注) 「あいちのかおり」を田植え。無除草か所は30cm四方一筆2か所を各調査日に調査した。WARは雑草重量群落比で雑草重量を雑草と水稻の群落合計重で除した値。

表2 残草が水稻生育に与える影響（2017年）

圃場	栽植株数m ²	稈長 cm	穂長 cm	m ² 穂数	1株穂数	葉色 SPAD
供試	16.8	64.8	19.5	157	9.4±2.6	13.8±2.2
参考1	12.1	85.6	21.2	293	24.2±5.5	25.2±4.2
参考2	16.6	70.6	20.7	264	15.9±3.5	21.9±2.8

注) 各圃場に残草除草処理として8月9日に手取り除草カ所を2か所設け、10月12日に通常除草で残った部分と残草除草した部分をそれぞれ2か所10株調査し、平均値と±標準偏差を示した。

4. 考 察

本結果から、粘質で凝集力が強く強還元層が発達しやすく、保排水性の劣るコナギが密生しやすい水田においても、耕起方法の工夫で除草必要度を下げる余地のあることが示唆された。上記方法における耕起の狙いを単純化すると、耕種作業目標は以下の3つに要約できる。

- ① 適当な乾燥後の耕起ですき床を強化せずに土壌孔隙を増加し日減水深を増加する。
- ② 発酵有機物をすき込まずに地表からの養分等の効果により雑草繁殖力を低下させる。
- ③ 土壌の適正水分を維持し土壌砕土と均平化による無代かきで過剰な還元化を避ける。

この作業目標は、未分解の稲わらや有機肥料のすき込みにもなう田植え後の急激な土壌還元を軽減し、土壌鎮圧やすき床の強化を避ける耕起方法とも言い換えられる。

一般的に耕種技術は雑草防除技術として有用といわれるが、さらに技術を安定化するために、圃場毎に微妙に変わる土壌水分や硬度、還元化等に対して、①すき床と下層土の境界をつなぐ土壌孔隙の増加、②地表面の生物活性による酸化と還元制御、③土壌水分の移動性の適正化、がそれぞれ重要と思われる。土壌層別や各層間の境界域での水分状態を調整するための意識化が、有機栽培技術を安定化させる作業のコツになると考えられる。

ここまでの検証においては、処理前後の同一圃場での違いをもとに考察をすすめたが、供試圃場の雑草重量群落比の低下の原因としては、耕起作業以外にもいくつか理由が考えられる。土壌の還元化や養分供給効果が高いボカシ施用により水稻生育量が増加したことや、供試年が高温で経過したことにより水稻生育を速めたことが雑草重量群落比(WAR)低下の誘引とも考えられる。ただ比較対象となる圃場の観察経過を踏まえると、供試圃場のような水稻生育増加と雑草優占度の急激な低下という変化はみられていない(データ省略)ため、今後、対象圃場の解析結果をもとに明示したい。また、こうした現場における実証的検証では因果関係の断定は不可能であるが、現場圃場の特徴を把握して、雑草を増加させない施肥法や耕起法の適正化という観点で、有機水稻栽培技術の雑草抑制策として応用が可能かさらに検証する意義があると考えられる。研究機関が運営する圃場試験での一般化できる限界も認識しつつ、耕起方法の工夫で除草必要度を下げる効果について今後の検証を期したい。

参考文献

- 1) 志村明善 (2017) 三澤勝衛『風土産業』を読む, あざみ書房
- 2) 東北農業研究センター (2016) 寒冷地水稲有機栽培の手引き
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/RiceOrganicCultivation160331.pdf
- 3) 日本土壌協会編 (2012) 有機栽培技術の手引き〈水稲・大豆等編〉
- 4) 岩石真嗣・阿部大介・安野博建・蟹江秀則・鈴木晃・榊原健太朗 (2017) 「知多半島赤黄色土壌での有機稲作の実践と課題」日本有機農業学会講演要旨

長野県の高冷地有機栽培レタスに 発生する病害虫とその対策

清水 時哉・金子 政夫
長野県野菜花き試験場

はじめに

本研究では、レタスの有機栽培で経営的に成功している優良農家について、病害虫の発生状況を5年間にわたり調査し、問題となる病害虫を抽出した結果、調査対象農家が実際に行っている手法が害虫防除に極めて有効であることが明らかとなった。また、それ以外の病虫害に対する対策技術についても検討したので、その結果をポスター発表する。

1. 調査対象農家について

調査圃場は長野県塩尻市にあり、標高 750m～860m に点在している。調査農家は、2001 年に有機 JAS を取得、春～秋にかけてレタスの栽培を主体とし、輪作作物としてブロッコリーやニンジン、軟弱野菜を栽培している。

2. 有機栽培レタスに発生する害虫とその対策

(1) 高冷地レタス栽培における害虫の発生様相

高冷地レタスの一般栽培において問題となるのは、オオタバコガやヨトウムシなどのチョウ目害虫による被害が大きい。特に、オオタバコガは一般栽培及び有機栽培圃場でも 5 月から 10 月にかけて同様に成虫が発生し、特に 8 月以降は成虫の誘殺数が増加した。なお、ハモグリバエ類、アブラムシ類も発生し、時に被害に結びつく場合もある。

(2) 被覆資材によるチョウ目害虫の被害軽減

調査農家は、春作レタスでは不織布を定植直後から「じかがけ被覆」(べたがけ)を行うことで、また夏秋作レタスでは被覆栽培による高温障害を回避するため、支柱を用いた「浮きがけ被覆」を行うことで、チョウ目害虫による被害をほぼ防いでいた。なお、球の順化促進と締まりをよくするため、被覆資材は収穫の約 2 週間前に除去していた。

(3) 被覆除去後の害虫対策

被覆資材の除去後は物理的障壁がなくなるため、様々な害虫に対して無防備な状態となる。チョウ目害虫による被害が懸念される場合は、被覆除去後に BT 剤を散布することで被害軽減が可能であった。また、アブラムシ類による被害が懸念される場合は、気門封鎖剤や微生物農薬により防除できた。

3. 有機栽培レタスに発生する病害とその対策

(1) 高冷地有機栽培レタスに発生する病害の発生様相

有機栽培レタスに発生する病害の発生様相を調査した結果、発生する病害の種類は、一般栽培のレタス圃場で発生する病害と差はなかった。しかし、糸状菌による病害では、すそ枯病が春～秋にかけて常発することが多かったのに対し、灰色かび病、菌核病、べと病は、天候により発生の有無が左右されたものの問題となることはなかった。細菌病では、腐敗病や軟腐病は一般栽培と変わらない発病を認め、斑点細菌病は時に大発生し、小玉化や収穫不能株の多発により収量に

も影響を及ぼした。

(2) 細菌病に対する対策

細菌病は、一般栽培でも梅雨期や秋雨期に発生が増加し問題となる。今回の調査から有機栽培でも問題となることが判明したため、発病軽減手法について検討した。

野菜に発生する病害に対し、品目や品種により感受性（または耐病性）が異なることがある。そこで、レタス腐敗病、軟腐病、斑点細菌病に対するレタス市販品種の感受性について比較したところ、3つの細菌病に対する感受性は品種によって異なった。腐敗病、軟腐病、斑点細菌病の全てに対して感受性の低い品種はなかったが、1つまたは2つの細菌病に対して感受性の低い品種は認められた。

さらに、補完防除技術として微生物農薬による防除効果について検討したところ、腐敗病、軟腐病に対して登録剤は防除効果が認められたが、斑点細菌病については登録がなく課題が残った。

以上のことから、圃場ごと、作型ごとに発生しやすい細菌病を把握しておき、それらに対して感受性が低く耐病性のある品種を選択して栽培することにより、発病軽減が期待できた。また、腐敗病、軟腐病に対しては、被覆撤去後の補完防除として微生物農薬の利用も有効と考えられた。

(3) すそ枯病に対する対策

野菜の土壌病害は連作すると発生が増加し、輪作は発病軽減効果が期待できると一般に言われている。レタスすそ枯病も土壌菌（リゾクトニア菌）による病害であるため、輪作による発病軽減について検討した。

その結果、レタスを春と秋の2回連作すると、秋作でレタスすそ枯病の発病株率は増加し、春に輪作作物として葉ネギ、エンバク、ハウレンソウ、マリーゴールド、ニンジン栽培すると秋作のレタスすそ枯病の発病株率は減少した。また、輪作作物によって発病軽減効果に差があり、カラシナ、エダマメは効果が認められず、スイートコーンも効果が低かった。輪作作物としては、ニンジンの軽減効果が最も高く、次いでマリーゴールド、ハウレンソウ、エンバク、葉ネギであった。

一方、調査農家では、輪作作物としてリゾクトニア菌に対して感受性のあるアブラナ科野菜も栽培している。また、ニンジン栽培圃場も限られており、輪作がどの程度発病軽減に寄与しているかは不明である。

なお、本情報は実証的な事実に基づくものであり、発病軽減要因については未検討である。今後はその作用機作の解明が望まれる。

おわりに

調査農家は計画出荷を行っているため、被覆の除去は一挙に実施することが出来ない。そのため、防除は被覆除去のたびに必要であり、その手間は大変であることが考えられるが、実際、防除は実施されていない。しかし、被覆除去後には害虫被害が多発しやすく、経済的な損失も大きくなるので、予察情報等で害虫による被害が予見される場合は、前述した防除の徹底が重要なカギとなる。また、省力的かつ効果的な病害防除の観点からは、耐病性品種の利用と輪作が主流になると考えられる。

なお、本研究成果は、農林水産省委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」により得られたものである。

ダイコン残渣を用いた生物的土壌くん蒸によるハウレンソウ萎凋病の防除と ハウレンソウケナガコナダニの防除対策

吉岡 陸人・本田 善之

山口県農林総合技術センター

ハウスでハウレンソウを周年栽培する産地で、春と秋には難防除害虫のハウレンソウケナガコナダニ（以下コナダニ）が発生し、夏季には土壌病害の萎凋病（病原菌：*Fusarium oxysporum* f.sp.*spinaciae*）が常発して生産阻害要因となっている。生産農家からは有機栽培の要望があり、その対策として、化学農薬に頼らない防除方法について検討した。

1. ダイコンによる萎凋病菌への防除効果

アブラナ科野菜の中にはアリルイソチオシアネートなどの抗菌物質を生成するものがある。ダイコンの辛味成分も抗菌活性を有することが知られている。そこで、ダイコン残渣をくん蒸処理に活用できないかと考え、抗菌効果を確認した。PDA 平板培地に萎凋病菌を接種し、シャーレにダイコンを入れ、密閉し倒置培養した。その結果、ダイコンを入れたものでは菌糸の生育が抑制された。また、切片より摩砕物の方がより抑制効果が高かった（図 1）。



図 1 ダイコンの抗菌作用

表 1 設定温度別の処理期間における萎凋病の発病状況 (2012)

設定温度	処理	処理期間別の発病株率 (%)		
		7 日	14 日	21 日
40°C	残渣あり	11.1 (7.7)	4.5 (3.9)	0 (0)
	残渣なし	6.8 (6.7)	13.7 (14.3)	2.4 (4.1)
35°C	残渣あり	21.4 (12.4)	9.9 (4.8)	0 (0)
	残渣なし	30.9 (16.5)	16.0 (13.9)	32.2 (23.5)
30°C	残渣あり	48.7 (8.6)	55.3 (23.2)	22.0 (9.6)
	残渣なし	16.3 (11.1)	17.6 (9.5)	27.7 (5.2)

※ワグネルポット (1/5, 000a) でくん蒸処理をインキュベータで実施後、ハウレンソウ (品種：黒葉スウィング) を約 15 粒播種し、40 日後に発病状況を調査した。表中の () は標準偏差。

ポット試験でハウレンソウ萎凋病に対する生物的土壌くん蒸処理（以下くん蒸処理）の効果を確認した。ダイコン残渣は 20t/10a とし、よく攪拌後量灌水しポットを難透過性フィルムで包んで 30～40°C の 5°C 刻みの温度で、7～21 日間インキュベートし、その後ハウレンソウを播種した。対照として残渣なしの区を設けた。その結果、表 1 に示すように 30°C の 7～14 日の処理を除き、全ての区でくん蒸処理の発病程度が低くなり、温度が高いほど発病抑制効果が高かった（表 1）。

2. ほ場におけるダイコン残渣を用いたくん蒸の萎凋病の防除効果

山口県内のハウレンソウ栽培ハウスで6月にくん蒸処理を開始した。処理後、2作栽培し萎凋病の発病及び収量を調査した。その結果、1作目、2作目ともにクロロピクリン処理と同等の高い効果が認められた。また、収量についても無処理区及びクロロピクリン区より高かった（図2）。

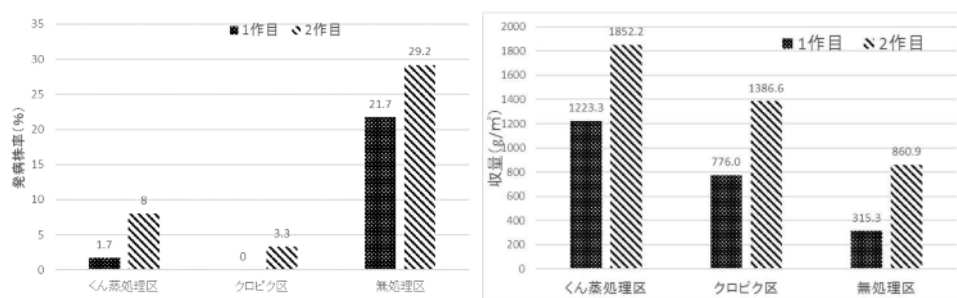


図2 くん蒸処理後2作の萎凋病発病及び収量

3. ダイコン残渣を用いたくん蒸処理の手順

ダイコン選果場から残渣をハウレンソウハウスに運搬し、マニュアルスプレッダなどで1.5～2t/a散布する。散布後速やかに鋤き込む。その際に、残渣を細かく粉砕するために、高速ロータリーを用いてトラクタを低速で走行させる。その後、十分に灌水を行い、透明フィルムで地面を被覆し、水枕等で縁を押さえて密閉する。ハウスを閉め切った状態で3週間以上放置する。その後、フィルムを除去し、土壌が乾いたら十分に耕耘する（図3）。



図3 ダイコンを用いたくん蒸処理の手順

4. ホウレンソウケナガコナダニの防除方法

(1) 冬季ビニール除去による防除

ハウス土壌表面に発生する藻がコナダニの増殖源となることが確認された。そこで、冬季のビニールを除去して雨ざらしにすることで、藻類の発生を抑制し、春のコナダニ発生状況を確認した。山口県内の現地ほ場において、冬季12月～2月に天井ビニールを被覆したままの冬季ハウレンソウ栽培ハウスと同時期にビニール除去したハウスで比較した。調査は2010年4月～11月に実施した。その結果、ビニール除去区のハウスでは、再被覆後～夏期までトラップによるコナダニ捕獲はほとんど認められず、被害もなかった。ビニール被覆したハウスは、春期にコナダニ捕獲数が増加し、4月は被害も多くなった。ただし、どちらのハウスも、秋には被害が増加した。

(2) 防草シートによる防除

播種前に発生した鋤込んだ藻類もコナダニの増殖源となることが確認された。よって、播種前の藻類を抑制する方法として遮光被覆の効果を検討した。(1)と同じ地域で、9～10月まで土壌表面を防草シートで遮光被覆し、播種後はハウスサイド50cm部分を防草シートで遮光被覆した被覆区と、2葉期と4葉期にカスケード乳剤4000倍散布区と、9月に前作終了後の未整地状態でハウス土壌にキルパー20L/10aを密閉した区と、無処理区を設けて比較した。調査は2017年

10月～11月に実施した。その結果、7日間シート被覆区の被害度は無処理区の半分程度であったが、寄生虫数は無処理区の1/7程度と低かった。対照のキルパーとカスケードと比較しても同等程度の効果が認められた（図4、5）。

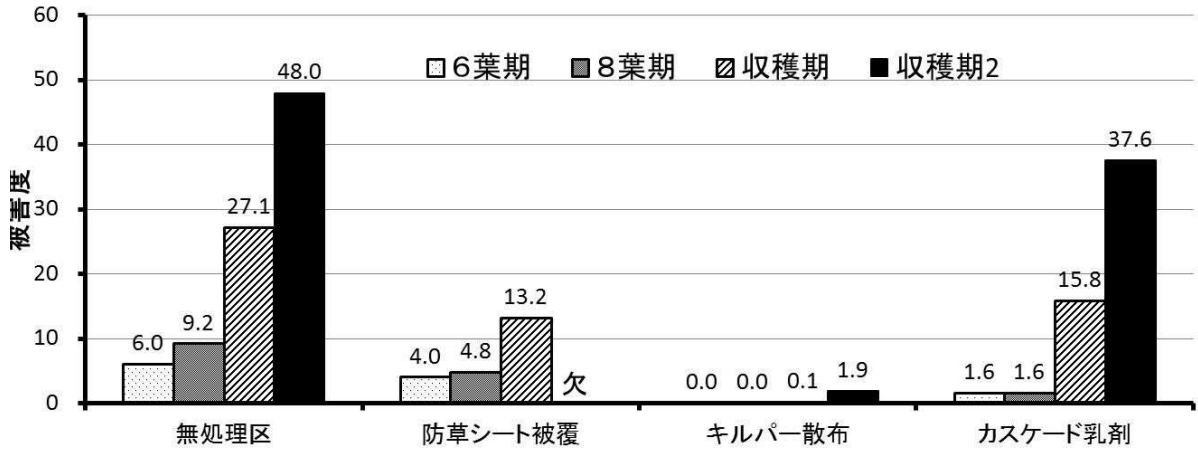


図4 各区の被害度

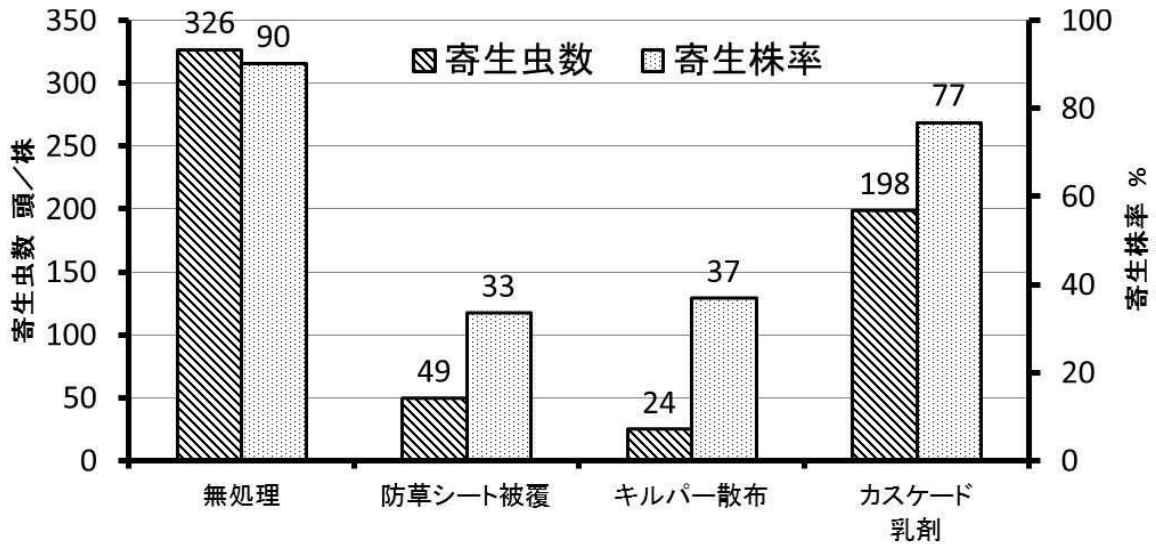


図5 各区の寄生虫数と寄生株率

Organic No-till : 茨大農場での 不耕起・草生・有機野菜作の研究事例

小松崎 将一・松岡 拓志

茨城大学農学部附属国際フィールド農学センター

1. 研究の背景・目的

化学肥料や農薬などを使用した農業は環境負荷や地力低下が問題となっている。不耕起・草生栽培は、耕起を行わずに最小限の雑草防除で栽培を行う栽培体系で有機物の分解が遅く、環境負荷を低減する環境保全型農業として近年注目されている。

これまでの研究では不耕起・草生栽培の環境負荷の低減に関する報告はなされているが、生産性の向上に関する報告は多くない。そこで本研究では不耕起草生栽培による地力の維持増進と作物の生産性を図るための不耕起・草生・有機野菜作の効果に関する比較研究を行った。

2. 材料・方法

本試験は茨城大学 FSC 内の自然農法圃場にて 2014 年 5 月から 10 月まで、および 2015 年 5 月からの 2 か年より実施している。試験区は耕うん方法 2 水準（耕起・除草、不耕起・草生）、施肥方法 2 水準（施肥、無施肥）を 4 反復で設定した。また、雑草マルチ方法 2 水準（有、無）を加え、緑ナスを栽培した。本研究では草丈と SPAD（葉緑素含量を示す値）を測定した。さらに生育後の植物体地上乾物重と土壌中のアンモニア態窒素と硝酸態窒素を測定し、刈敷の有無およびリター層、土壌間の土壌生物相の差異を調べた。

3. 結果・考察

雑草マルチの効果は、ナスの植付け後ほぼ 1 か月後から顕著に表れた。耕起区では雑草マルチによって、7 月初旬から草丈を確保し、7 月中旬からナスの収穫がえられた。不耕起区では雑草マルチの効果は顕著に認められ、とくに雑草マルチによってナスの草丈が大きく改善された。これらの差異は、収穫量についても同様に表れ、月別のナスの収穫量をみると、収穫初めから、雑草マルチにより収穫量が大きく改善された。

年間の総収穫量は、不耕起区では、ナスの収量が無処理区では雑草マルチありで、12 倍の収量が増加し、堆肥処理区では 3.2 倍の収量増が認められた。また、ナスの品質は耕起区、不耕起区ともに雑草真律ありでカリウム含量が高くなり、雑草マルチによってナスへの養分供給が上回っていることが示唆された。

雑草マルチの利用によって土壌養分に大きな変化をもたらした。土壌中の無機態窒素含有量は表層について、雑草マルチ利用で有意に高くなった。また不耕起では、10 月になっても高い土壌養分量を示した。6 月では雑草マルチのもっている養分が供給されたことが考えられるが、10 月では、土壌由来の無機態窒素量が増加したことが示唆される。

雑草マルチによって、土壌中の生物相が大きく変化した。とくにミミズの生息数が有意に増加した。耕起区は、ミミズの生息は認められなかったが、雑草マルチをすることでミミズのバイオマスが増加した。同様に不耕起においても雑草マルチによってミミズのバイオマスが著しく増加した。

ミミズは土壌を変える生態系エンジニアといわれている。ミミズが生息する畑土壌を用いてミ

ミズを飼育し、飼育に用いた土壌（飼育用土壌）と飼育したミミズの糞（ミミズ糞）の化学的性質を比較すると、ミミズ糞は飼育用土壌に比べて、無機態窒素や可給態リン酸など水に溶けやすい養分が多くなることが報告されている（三浦ら 2010）。

さらに、雑草マルチにより土壌団粒径が増加することが認められた。団粒化の進行によって土壌有機物が増加し、メタンなどの温室効果ガスを低減させること認められている（Yagioka et al., 2015）。このほかの土壌動物相は雑草マルチで有意に高く、雑草マルチを利用することによって、土壌中の生物の生息する場になっていると考えられる。

以上の結果から、白ナス栽培では、雑草マルチを利用した場合、収量や品質、土壌動物相に影響を与えることが認められた。また、雑草マルチでは有機物分解に寄与する土壌動物相が多く生息し、これに伴い易分解性炭素が増加した。このことが雑草真律で収量が多く、品質が高いことに結びついたものと考えられる。

4. まとめ

豊かな土、健康な土づくりは農業生産の持続性を考えていくうえで極めて重要である。雑草マルチの効果を、土壌の生物の多様性（Shannon-Wiener の多様度指数）と収量性の関係をみると、雑草マルチを利用することで、土壌生物の多様度を向上させ、作物収量の向上に結び付けることが可能である。雑草マルチなどの有機物マルチの利用は、多くの農業生産の場面では資材の入手からハンドリングなど未解決の課題が多い。しかしながら、消費者の農産物に対する「自然志向」がより高まる中で、雑草マルチなどの利用は、土壌有機物を増加させ、土壌生物相を多様化させるなど多面的な効果がある。今後、これらを有効利用に向けた取り組みが必要と考える。

文献

三浦季子, 金子信博, 小松崎将一 (2010) 不耕起・草生・低投入栽培下における畑地土壌のミミズを介した可給態リンの供給—茨城県の農家が営む自然農法畑の事例から.—有機農業研究, 2 : 30-39.

Yagioka, A., M. Komatsuzaki, H. Ueno, and N. Kaneko (2015) Effect of no-tillage with weed cover mulching versus conventional tillage on global warming potential and nitrate leaching. *Agriculture, Ecosystems and Environment* .200:42-53.

7 施設果菜類を中心とした有機栽培による 輪作体系の検討

佐々木 真一郎・奥野 かおり・金森 健一・石津 文人
島根県農業技術センター

1. 背景・目的

島根県は「有機農業の推進に関する法律」に基づき「しまね食と農の県民条例」を制定し、併せて「有機農業推進計画」を策定し、有機農業を推進している（岸田ら 2016）。当センターは本計画の一つとして重点プロジェクト研究を 2012 年から 2017 年まで 6 年間実施した。2012 年に課題抽出のために島根県内の有機農業実践者へアンケート調査を実施した結果、有機施設栽培における果菜類は、病虫害の発生が問題となるため収量が低いことが分かった。そこで、果菜類の安定生産や生産品目の拡大を目的として、有機 JAS 認証基準に準じた栽培を行い、収量を指標に難易を明らかにし、新規就農者でも取り組み易い果菜類を基幹とした輪作体系を検討した。



写真 1
収穫期のミニトマト

2. 材料および方法

(1) 試験Ⅰ 有機施設栽培における果菜類の収量

試験は島根県農業技術センター（出雲市芦渡町）の有機栽培試験圃場で 2013 年から 2017 年まで 5 年間行った。供試品目はトマト、ミニトマト、キュウリ、ピーマンの 4 品目とした。栽培は当県における一般的な作型で、有機 JAS 認証基準に準じて行い、収量を調査した。目標収量は慣行栽培の基準収量（島根県農業経営指導指針に記載されている収量）の 80%とした。

(2) 試験Ⅱ 有機施設栽培における補完品目の収量

試験は試験Ⅰと同じ圃場で行った。供試品目はエダマメ、スイートコーン、インゲン、ハウレンソウ、コマツナ、葉ネギ、シュンギクの 7 品目とした。栽培は果菜類の各作型との輪作とし、収量を調査した。目標収量は試験Ⅰと同様とした。

3. 結果および考察

(1) 試験Ⅰ 有機施設栽培における果菜類の収量

各品目作型別の 10a 当たりの収量は、トマトでは半促成栽培で 5.89t、抑制裁培で 2.30t、ミニトマトでは半促成栽培で 6.99t、抑制裁培で 3.93t、キュウリでは半促成栽培では 5.81t、抑制裁培

表1 施設栽培における果菜類の収量

品目	品種	作型	年度別収量(t・10a ⁻¹)					平均	目標収量 ² (t・10a ⁻¹)	達成率 ³ (%)
			2013年	2014年	2015年	2016年	2017年			
トマト	バルト	半促成	4.28	7.42	10.04	3.46	4.23	5.89	8.80	67
	りんか409	抑制	0.87	1.20	4.13	3.00	-	2.30	4.80	48
ミニトマト	べにすずめ	半促成	5.24	7.83	-	-	7.91	6.99	4.80	146
	エコスイート	抑制	3.94	-	-	-	3.91	3.93	3.20	123
キュウリ	プロジェクトX	半促成	-	4.44	6.03	8.44	4.32	5.81	9.60	61
	プロジェクトX	抑制	1.11	2.76	0.73	3.33	-	1.98	6.40	31
ピーマン	かがやきK	夏 秋	5.99	5.55	4.87	8.47	6.59	6.29	4.50	140

²島根県経営指導指針の80%とした

³平均/目標収量×100で求めた

培で 1.98t、ピーマンの夏秋栽培では 6.29t であった。目標収量の達成率は、トマトでは半促成栽培で 67%、抑制栽培で 48%、ミニトマトでは半促成栽培で 146%、抑制栽培で 123%、キュウリでは半促成栽培は 61%、抑制栽培で 31%、ピーマンの夏秋栽培では 140% であった（表 1）。

ミニトマトおよびピーマンの収量はいずれの年度も目標収量を大きく上回ったため、栽培難度は低いと考えられた。一方、トマトおよびキュウリの収量は年度による変動が大きく、平均収量が目標収量を大きく下回ったため、栽培難度は高いと考えられた。トマトでは夏季高温期の着果不良や草勢過剰による小玉果、裂果が多く、キュウリでは草勢低下による変形果、流れ果の発生や病虫害が多かった。

(2) 試験Ⅱ 有機施設栽培における補完品目の収量

各品目の 10a 当たりの収量は、エダマメの半促成栽培で 0.69t、スイートコーンの半促成栽培で 0.85t、インゲンの抑制栽培で 0.96t、秋冬まきハウレンソウで 1.16t、秋冬まきコマツナで 2.30t、秋まき葉ネギで 1.65t、秋まきシュンギクで 1.61t であった。目標収量の達成率は、エダマメの半促成栽培で 133%、スイートコーンの半促成栽培で 89%、インゲンの抑制栽培で 133%、秋冬まきハウレンソウで 91%、秋冬まきコマツナで 156%、秋まき葉ネギで 101%、秋まきシュンギクで 112% であった（表 2）。エダマメ、インゲン、コマツナおよびシュンギクの収量は目標収量を大きく上回ったため、栽培難度は低いと考えられた。また、スイートコーン、ハウレンソウおよび葉ネギの収量も概ね目標収量に達していたため栽培難度はやや低いと考えられた。秋まきハウレンソウではケナガコナダニの発生により減収する事例がみられた。

表2 輪作体系を補完する品目の収量

品目	品種	作型	年度別収量(t・10a ⁻¹)					平均	目標収量 ² (t・10a ⁻¹)	達成率 ³ (%)
			2013年	2014年	2015年	2016年	2017年			
エダマメ	福だるま	半促成	-	-	-	-	0.69	0.69	0.52	133
スイートコーン	ゴールドラッシュ	半促成	-	-	-	0.70 ^x	1.00	0.85	0.96	89
インゲン	ブロコ	抑制	-	-	-	0.62	1.29	0.96	0.72	133
ハウレンソウ	クロノス	秋冬まき	-	0.89	1.70	0.90	-	1.16	1.28	91
コマツナ	冬里	秋冬まき	-	-	-	2.30	-	2.30	1.47	156
葉ネギ	鴨頭ネギ	秋まき	2.07	1.67	-	1.20	-	1.65	1.63	101
シュンギク	大葉春菊	秋まき	-	1.92	0.90	2.00	-	1.61	1.44	112

²島根県経営指導指針の80%とした

³平均/目標収量×100で求めた

^xクリーニングクロープとして無施肥で栽培した

(3) 果菜類を基幹とした輪作体系の検討

試験Ⅰ、試験Ⅱより栽培難度が低いと考えられた品目・作型を中心として、本県平坦地に適応可能な輪作モデルは、①半促成ミニトマトを基幹品目として抑制インゲンや秋冬まき葉菜類を輪作する体系、②抑制ミニトマトを基幹品目として半促成エダマメ、半促成スイートコーン、冬まき葉菜類を輪作する体系、③夏秋ピーマンを基幹品目として葉菜類を輪作する体系が考えられる(図 1)。

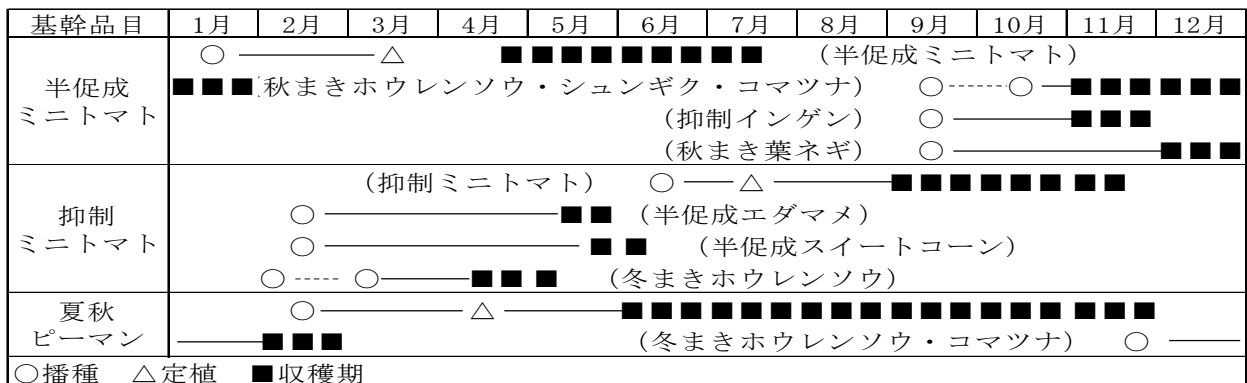


図1 果菜類を中心とした輪作モデル

緑肥間作と敷草が葉菜類の 収量や土壌に及ぼす影響

加藤 茂・徐 啓聡・徐 会連

(公財) 自然農法国際研究開発センター 研究部

1. はじめに

有機農業の基盤は土壌であり、それゆえ土づくり（育土）が重要視される。土づくりが進んだ土壌では土壌微生物や土壌動物が活性化していると考えられ、土壌動物が微生物を摂食することによる窒素の発現や、拮抗菌による病原菌の活動抑制などが期待できる。

土づくりを進めるための管理として、過度な耕起を避けることや有機物の供給などが挙げられる。有機物の供給方法は多彩であり、その種類や量など何通りものやり方が考えられるが、その1つとして作物間に緑肥を生育させて緑肥が伸びたら作物の株元に刈り敷くという方法がある。この方法は栽植密度が低下するというデメリットもあるが、有機物を圃場内で供給できる点や、緑肥を刈り敷くだけなので作業が省力的である点などメリットも大きい。そこで本報告では、緑肥を間作して、それを定期的に刈り敷く条件で葉菜類を栽培した時の収量や土壌に及ぼす影響について検討した。

2. 方法

2015年10月に、長野県松本市波田の黒ボク土の圃場に5種類のイネ科緑肥（ケンタッキーブルーグラス、トールフェスク、オーチャードグラス、フルーツグラス、イタリアンライグラス）を各0.93g/m²ずつ混播し、図1のような緑肥部と作物作付部および裸地部を設けた。2016年にトマトを栽培した後、2017年に次の処理区を設定した。

S区：作付部に定期的に緑肥を刈り敷く

NS区：緑肥などの被覆はせず、有機質肥料（米ぬか、魚粉、油かすを嫌氣的に発酵）を6gN/m²施用。

M区：無施肥で黒マルチを被覆。

*全区不耕起。中央2列を調査区として使用。
各区の反復6。

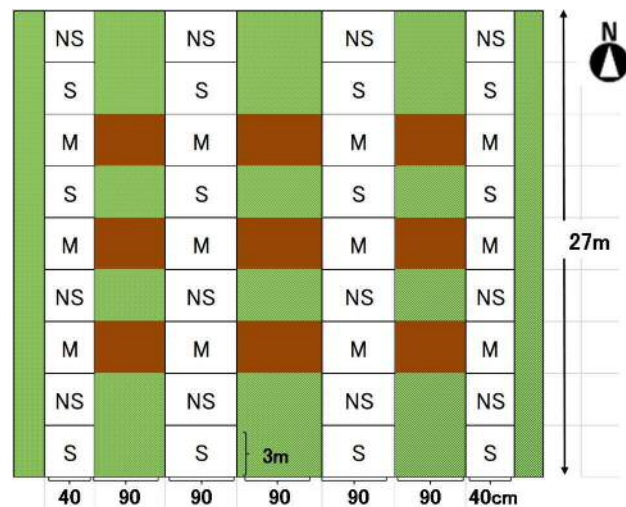


図1. 試験区の割り付け

草生部 裸地部 作付部

図中のS、NS、Mはそれぞれ処理区を示す

2017年5月1日に播種したリーフレタス（品種：エルワン）を、5月28日に各処理区に1条、株間20cmで定植し、6月28日に収穫した。

調査項目として、定期的にレタスの生育量（縦径×横径×高さ(cm)、1区につき5株調査）を測定するとともに、幾つかの株についてはその新鮮重も測定し、生育量から新鮮重を推定する回帰式を求めた。また、収穫時には収量を調査した。一方、定植時と収穫時に土壌を採取して土壌の理化学性を測定するとともに、バイオログ法により土壌微生物の基質資化活性を調べた。

3. 結果および考察

レタスの生育量と新鮮重の測定結果から、レタス新鮮重 $=0.012 \times$ レタス生育量 -25.7 ($R^2=0.92$)の回帰式を得た。この式を使ってレタス新鮮重の経時変化を求め、新鮮重が 300g に達するまでの日数を計算したところ、S、NS および M 区でそれぞれ 30.6、37.7 および 28.7 日となった。また、収穫日時点でのレタス新鮮重は S、NS および M 区でそれぞれ 311、98 および 441g/株であり、M 区の生育がもっとも良かった。収穫後土壤の液相率を調べたところ、S、NS および M 区でそれぞれ 35.2、32.7 および 39.9%と M 区が高かった。このことから、ポリマルチで被覆した M 区は保水力が高く、それが生育向上に寄与したと考えられた。また、生育初期の地温も M 区で高かったと推測されるので、それも生育向上の一因になったと思われる。定植時と収穫時ともに、土壤化学性は全般的に S 区が高かった。収穫後土壤の団粒分析の結果、粒径が 2mm 以上である団粒の割合は、S 区と NS 区がそれぞれ 48.2 と 53.0%であったのに対し、M 区は 34.3%と低く、団粒化が進んでいなかった。この結果は S 区と NS 区は敷草や有機質肥料が施用されているのに対し、M 区では有機物の供給が無かったことに起因すると考えられた。収穫後土壤の微生物の基質資化活性は、全般的に S 区が高く、M 区は低く、NS 区は両者の中間的な値であった。このことから、土壤微生物の活性は、緑肥を刈り敷いた S 区でもっとも高まっていたと推測された。

以上の結果から、緑肥を刈り敷いた S 区は土壤微生物の活性が高く、土壤団粒も発達しており、本試験の処理区の中でもっとも土づくりが進んでいたと考えられた。一方、もっとも土づくりが遅れていると考えられるのがポリマルチで被覆した M 区であるが、レタスの生育は M 区がもっとも高く、その理由として土壤の保水性の高さが考えられた。よって本圃場においては、敷草管理を継続することによって土壤保水性をどの程度高めることができるかが、土づくりを進めつつ収量を向上させるポイントになると考えられた。

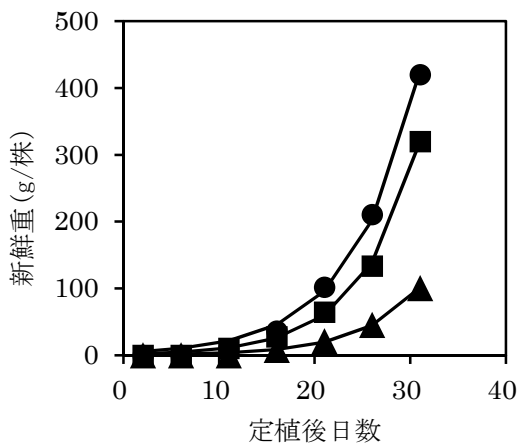


図1. 定植後のレタス新鮮重の経時変

■: S区, ▲: NS区, ●: M区

n=30

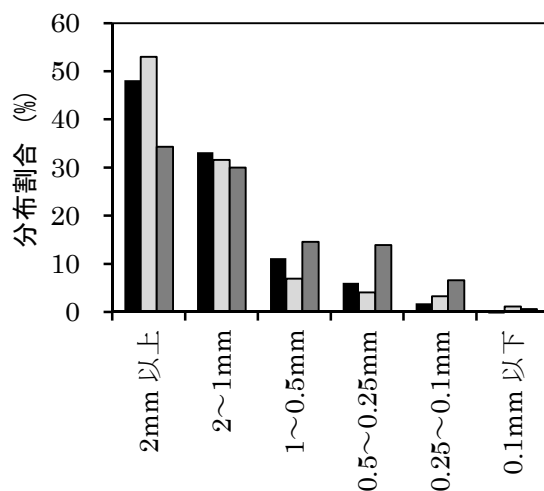


図2. 土壤団粒の分布割合

■: S区, □: NS区, ▒: M区

n=6

害虫が少ない有機栽培に適した キャベツ品種の検討

松浦 江里・千嶋 英明・大久保 慎二

(公財) 自然農法国際開発研究センター

キャベツとイネ科作物の二毛作体系について、いくつかのイネ科作物とキャベツの品種について検討した結果、有機農業に向いている「害虫がでにくい品種と栽培体系について知見を得たので、ここに品種と栽培における注意点について報告する。

1. キャベツの品種

松本市波田（標高約 700m）にあるセンター農業試験場において 2016 年に 27 品種、2017 年に 18 品種の秋どりキャベツの栽培試験（栽植密度 4760 株/10a：畝間 60cm・株間 40cm、元肥・追肥としてボカシ肥料 8kg-N/10a・4kg-N/10a 施用）を実施したうち、両年とも栽培した 11 品種の虫害率と病害率において、ワックスレス品種である YR 優緑（丸種株式会社）が最も被害が少ないことが判明した（表 1）。しかし、優緑は他の品種と比べて高温に弱い傾向があったため、ハウスで育苗する場合は温度管理に十分な注意が必要である。

表 1 秋どりキャベツ品種別虫害・病害率

品種名	一斉調査				収穫期調査						
	結球部 虫害率		病害率		外葉 虫害指数		結球部 虫害指数		食味 評価		出荷 調整 枚数
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2017
初秋	29%	29%	8%	0%	2.3	2	2.3	1.9	対照	対照	9.4
YR優緑	8%	0%	0%	4%	1.3	1.1	1.1	0.9	+	+	3
信州 868	15%	31%	2%	0%	2.1	2.4	1.8	1.5	+	+	5.5
若峰	38%	58%	2%	0%	2.6	2.1	2	2.3	-	-	4.6
ヤヒコA号	38%	42%	4%	21%	2.8	2.3	2.2	1.5	-	+	4.3
ヒット甘藍	40%	60%	10%	4%	2.7	2.3	2.4	1.9	-	+	7.1
岳陽	31%	46%	0%	4%	2.7	2.1	2.6	2.2	-	-	6.3
おかわりキャベツ	71%	83%	6%	0%	3	2.1	2.6	2.4	+	-	5.8
MKS-C183	44%	57%	0%	0%	2.7	1.7	2.6	2	-	+	4.9
おきな	29%	68%	2%	2%	3	2.1	2.7	2	-	-	3.8
青琳	42%	56%	4%	0%	2.8	2.1	3	2.1	-	-	5.6

※虫害指数は0（無）～4（大）の5段階の平均値（n=8）

一方、初夏どりキャベツ栽培では、YR 優緑を含めた 3 品種を 2017～18 年に栽培したところ、「アオムシに食害されにくい」とされるワックスレス品種であっても、他の品種と同等の食害の発生がみられ、同品種で虫害を避けるには秋どり栽培が適していることがわかった。また、信州地域の推奨品種である YRSE と信州 868 を 2 年栽培し、比較したところ、虫による食害の程度に差はなかったが、信州 868 は YRSE より約 1.2～1.5 倍収量が多かった（表 2）。

表2 初夏どりキャベツ品種別虫害率と収量

品種名	外葉 虫害指数		結球部 虫害指数		調整枚数 (枚)		調整重 (kg)		成株率 (%)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
YRSE	1.9	1.9	1.2	1.8	3.2	6.0	4740	2450	82%	78%
信州868	2.0	1.8	1.0	1.7	3.1	7.0	5820	3630	74%	78%

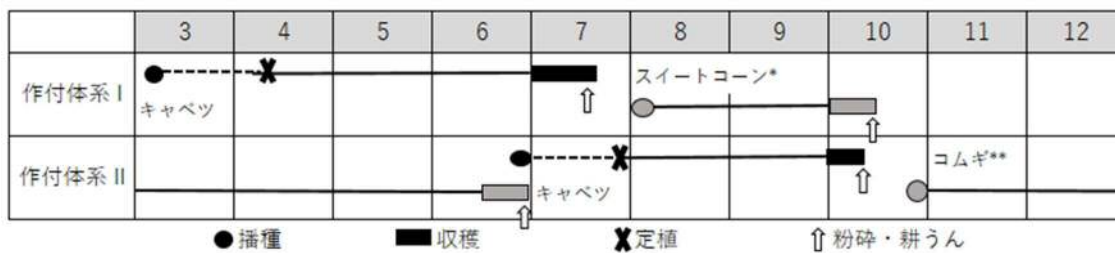
※虫害指数は0（無）～4（大）の5段階の平均値（n=12）

2. 作付体系

松本周辺の気候を考慮した2種類の栽培体系（表3）について1.の栽培条件で検討したところ、初夏どりキャベツ（作付体系I）の平均収量は2700kg/10a（2014年）、3530kg/10a（2015年）であったが、スイートコーンは年によっては虫害がひどく、十分な収量が確保できなかった。一方、秋どりキャベツ（作付け体系II）では平均収量3100kg～3420kg/10aであった。裏作のコムギも収穫物として利用可能だったことから、作付体系IIのほうが虫害も少なく、松本の気候に適していることがわかった。作付体系Iの応用として、スイートコーンの代わりにイネ科のソルゴーを緑肥として5～6週間栽培・すき込みをすれば、秋作としてレタス栽培等が可能であり、より収益率の高い土地利用が可能になると思われる。

長野県の慣行栽培におけるキャベツ施肥基準は窒素・リン酸・カリで21kg-N、11kg-P、9kg-Kとなっているが、この試験では前作（スイートコーンやコムギの残差）有機物のすき込み分からの肥効を考慮して、ボカシ肥料の投入は長野県慣行基準の約半分とした。このことを考慮すると、これらの作型は施肥量に対して十分なキャベツの収量を確保できる上、有機物残差の活用で肥料代の節約にも有効であると考えられた。

表3 キャベツの作付け体系



*ソルゴーに代替可能、**ライムギに代替可能

10 有機栽培開始に伴うプロテアーゼ生産細菌群集構造ならびにプロテアーゼ活性の変化

長岡 一成¹⁾・須賀 有子²⁾・唐澤 敏彦³⁾・橋本 知義³⁾

¹⁾農研機構 北海道農業研究センター、²⁾農研機構 本部、³⁾農研機構 中央農業研究センター

1. 背景・目的

有機物からの養分供給に依存する有機栽培では、土壤微生物による有機物分解・可給化が重要である。窒素 (N) の場合、可給態 N の主たる給源は微生物バイオマス由来のタンパク質であり、N 可給化の第一律速段階は、微生物の生産するプロテアーゼによるタンパク質分解であるといわれている。一方、有機栽培土壤は慣行栽培土壤と比較して、概してプロテアーゼ活性が高いことが報告されているものの、有機栽培開始後のプロテアーゼ活性の変化やそれを担う土壤微生物群集構造の変化については知見が少ない。

そこで本研究では、茨城県つくば市内の有機栽培農家圃場のプロテアーゼ生産細菌群集構造やプロテアーゼ活性について、有機栽培期間が異なる圃場の比較や有機栽培開始後の経年変化の調査を行うとともに、土壤理化学性との関係を解析した。

2. 方法

農家 Y の有機栽培期間の異なる圃場より、2017 年 6 月に土壤を採取した。また、農家 Is およびその弟子 (農家 Mo、Ij、Ta : 以下農家 Is グループ) の圃場より、2012 年から 2017 年にかけて複数回、土壤を採取した。農家 Is については、長期間有機栽培を行っている 2 圃場および竹林を開墾して 2012 年に有機栽培を開始した 1 圃場を調査対象とした。2017 年に土壤採取を行った際の聞き取りによれば、2012 年に有機栽培を開始した圃場の生産性は安定しているとのことであった。農家 Mo の圃場は耕作放棄地において 2011 年より有機栽培を開始した圃場であり、土壤採取時の見取り調査では 2017 年においても依然として生産性は低いと思われた。農家 Ij については、2005 年頃から有機栽培を開始した長期有機圃場に加え、予め土づくりを行った後に 2011 年に有機栽培を開始した新規有機圃場からも土壤を採取した。農家 Ta の圃場からは、有機栽培開始前年の 2014 年から土壤採取を開始した。当該圃場は地力むらがあったことから、地力の高い西側と地力の低い東側それぞれより土壤を採取した。

プロテアーゼ生産細菌群集構造解析は、PCR-DGGE 法により行った。土壤から直接抽出した DNA を鋳型として、細菌由来の中性メタロプロテアーゼ遺伝子を標的とした PCR を行った。得られた増副産物について、Sakurai ら (2007) を参考に DGGE を行い、そのプロファイルに基づいてクラスター解析を行った。

プロテアーゼ活性の測定には、ベンジルオキシカルボニル-フェニルアラニル-ロイシン (ZFL) を基質として用いた。

土壤の pH、EC、仮比重、TN、無機態 N、有効態リン酸 (Truog 法)、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウム、リン酸吸収係数、CEC 等を測定し、プロテアーゼ活性との相関解析等を行った。

3. 結果と考察

DGGE プロファイルに基づくクラスター解析の結果、農家 Y 圃場のプロテアーゼ生産細菌群集

構造は概ね、有機栽培期間に応じて異なっていた。また、プロテアーゼ活性についても概ね、有機栽培期間が長いほど高い傾向があったが、一部、有機栽培 1 年目にも関わらず長期有機圃場と同等の高い活性の圃場や有機栽培期間が比較的長いにも関わらず極端に活性の低い圃場が存在した。プロテアーゼ活性と土壤理化学性との相関解析を行ったところ、土壤 pH や CEC、交換性カルシウム、交換性マグネシウムと正の相関関係があったことから、これらの理化学性がプロテアーゼ活性に影響を及ぼしている可能性がある。一方で、有機栽培期間が比較的長いにもかかわらず極端に活性の低い土壤は、他と比較して無機態 N や EC が極端に高く、これらが一過的にプロテアーゼ活性の低下を招いている可能性も考えられる。

農家 Is グループの圃場より採取した土壤のプロテアーゼ生産細菌群集構造は概ね、農家ごとにクラスターを形成する傾向があり、この要因としては、もともとの土壤の性質と有機物施用履歴の両方の影響が考えられた。農家 Ta の群集構造は当初、西側と東側で隣接する別のクラスターを形成していたが、2017 年にはひとつのクラスターを形成し、かつ農家 Ij のクラスターに近づいた。また、プロテアーゼ活性は当初、その地力に応じて西側と東側で異なっていたが、2017 年には東側の活性が高まり、両者の差は小さくなっていた。一方、農家 Mo は、有機栽培 7 年目の 2017 年においても群集構造の変化は小さく、かつ有機栽培 2 年目の 2012 年には高かったプロテアーゼ活性は、経年的に低下した。農家 Is グループすべてのプロテアーゼ活性と土壤理化学性との相関解析を行ったところ、CEC、TN、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムと正の相関関係が認められた。しかしながら、農家 Mo 圃場において、有機栽培を継続しているにも関わらずプロテアーゼ活性が低下し続ける要因は見いだせなかった。

有機農業者の技術向上による 経営安定に対する支援

増田 義彦

神奈川県農業技術センター普及指導部野菜課

1. 活動事例の要旨

新たに有機農業に取り組む生産者の多くは、栽培や経営の知識・技術が不足していて経営が安定していない。そのため、就農後、初期の経営安定を図るために定期的な個別巡回を行い営農上の技術課題を明確にし、技術目標を設定し、展示ほを活用することにより技術改善を図った。その結果、栽培技術が向上し収益性が改善された。

2. 普及活動の課題・目標

近年、普及指導部管内では、有機農業に取り組むために新規参入する若い人が増加している。しかし、個々に栽培方法が異なることや、体系的な有機栽培の技術が確立されていないことから、当課題に取り組む以前は、栽培現場の実情や課題も十分把握できていない状態で、個々の要請活動を試行錯誤しながら対応していた。

そのような状況の中で、有機農業での新規参入者は、栽培や経営の知識・技術が十分でないことにより、必ずしも農業経営は順調とはいえず、就農計画の達成が困難なケースも少なくなかった。

そこで、経営開始後の初期段階の経営安定を図るため、普及指導課題として取り組み、経営体の生産技術に関わる課題を明確化させ、技術改善を図り、収益性の向上を支援した。

3. 普及活動の内容

(1) 指導対象

管内の就農後概ね5年以内の若手の有機農業者

(2) 指導体制

普及指導部内に有機農業推進グループを設け、指導体制の検討や講習会・優良事例見学会を開催した。また、有機農業推進グループ員を中心に普及指導員2名1組を巡回班とした体制を整備し、2か月に1回定期的な巡回を行った。巡回では有機農業者の経営状況を把握するとともに、生産安定に向けた技術課題を明確にし、課題の解決に向けた巡回指導を行った。

(3) 生産安定に向けた技術課題の明確化（H26～H28）

定期的な個別巡回の中で、指導対象者の経営状況を聞き取ったところ、課題としては、「土づくりが未熟で地力不足なほ場が多い」、「多品目栽培で耕作面積が少ない生産者では緑肥作物を組み込んだ作付け体系が困難」、「雑草対策やアブラムシやハクサイダニなど害虫対策」が問題となっていた。その中で、指導対象者と話し合いを重ね、8戸で具体的な技術目標を設定した。

(4) 生産安定に向けた技術改善（H27～H29）

設定した技術目標を解決するため、土づくりや緑肥利用についての講習会を延べ4回開催し、優良事例見学会を延べ5回実施した。また、課題解決のための巡回指導を行うとともに、研究部門の協力を受けながら展示ほを6課題で設置し、その効果や実用性について検討を行った。また、展示ほ場においては、他地区の有機農業者にも呼び掛けて土壌調査及び現地検討会を行った。他にも、直売向けで有利販売が可能な作物として、当地域では導入されていない露地カボチャの抑

制栽培を提案し試作・検討を行った。

(5) 経営安定のための収益性の向上

市町と連携し、人材投資資金受給者 13 名に対し個別巡回を行い、栽培技術や病害虫防除対策、作目の選定や作付け体系など収益性が向上するような技術指導とともに経営指導も行った。更に、地域への定着や栽培技術の実践力向上のために慣行農家との交流の機会を設けた。

4. 活動の成果等

(1) 技術課題の改善

課題解決のために設置した展示ほにより、緑肥の根の伸長状態を確認することで緑肥の効果が実感でき、緑肥栽培への意欲向上が図られた。また、夏果菜類におけるリビングマルチの導入により、雑草対策における省力化が図られ、導入者に緑肥利用技術が定着した。

(2) 経営の安定

個別巡回による技術指導や集合研修により、病害虫対策や施肥管理など栽培技術の向上が図られ収益性が改善され、就農支援資金（人材投資資金受給者）13 名のうち 7 名の収益性が向上した。

また、有機農業に取り組んでいる生産者の 1 人は、慣行栽培に劣らない収益を上げて、平成 29 年度未来につながる持続可能な農業推進コンクールにおいて関東農政局長賞を受賞した。

5. 今後の普及活動に向けて

有機農業者の栽培技術向上については、生産者の技術改善への意欲が高いため、今後とも引き続き展示ほを活用しながら技術導入を支援していく。特に、有用性が高い緑肥栽培やリビングマルチの導入が図られたので、今後は地域への浸透を図っていく。

しかしながら、ハクサイダニ対策など既存の技術では対応が困難な課題もあり、今後、研究部門と更に連携しながら対策を模索し地域への技術導入を図る必要がある。

また、有機農業者は毎年増加しているため、今後は、個別巡回に加え、有機農業者グループに働きかけ、集団指導を導入するなど技術指導の効率化を図っていきたい。

有機農業への参入者の現状と課題

藤田 正雄

NPO 法人有機農業参入促進協議会

1. はじめに

2006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、農林水産省は07年4月に「有機農業の推進に関する基本的な方針」を策定（14年4月に改定）した。この基本方針にそって、我が国の有機農業に関する実態調査が実施されるようになった。

しかし、多くの新規就農希望者が「有機農業をやりたい」「有機農業に興味がある」と答えているにも関わらず、有機農業での新規参入者および慣行栽培の実施から有機農業への参入（転換参入）者に焦点を当てた調査は実施されてこなかった。

そこで国の「平成25年度有機農業参入支援データ作成事業」の一環として、有機農業参入促進協議会が実施主体となり、全国の有機農業者を対象に調査した結果をもとに、有機農業への新規および転換参入者の実態を明らかにし、参入への課題を提示した。

なお本報告は、既発表論文（藤田・波彦野,2017）をもとに作成した。

2. アンケート調査の方法

調査対象は、有機農業への新規または転換参入後、生産環境が安定し、かつ、全国各地で一斉に調査を実施するため、有機農業推進団体、公的機関より推薦された農家（団体）である。

調査は、有機農業参入促進協議会が作成した「調査員の手引き」および「アンケート調査用紙」をもとに、北海道から九州・沖縄まで、約60団体、83名の調査員の協力を得て、200件の有機農業実施農家（団体）を対象として、2013年9月から12月に実施した。

回答者の内訳は、北海道19、東北18、関東50、東海20、北陸9、近畿23、中国四国31、九州・沖縄30で、うち10件（販売農家でない：8件、法人で規模が大きすぎる：1件、有機農業を実施していたが現在は辞めていた：1件）は集計・分析から除外した。なお、都道府県をブロック別に区分する際、農林水産省における地方農政局などの区分にしたがった。

3. 調査した新規参入者の現状

平均年齢は45.5歳で、年齢構成では30代が32.8%と最も多く、30代から50代は79.5%であった。専業農家は82.8%で、農業歴の平均が10.8年、有機農業歴の平均は9.5年であった。有機農業の実施率は、参入時が90.9%、現在が95.8%で、85.2%が初年から栽培面積の100%で有機農業を実施していた。水稻作（実施数は参入時が37件、現在が57件）で100%有機農業を実施していたのは、参入時が81.1%、現在が86.0%であった。有機農業歴では15年以下が81.1%（うち、10年以下63.9%）で、72.1%に研修経験があった。

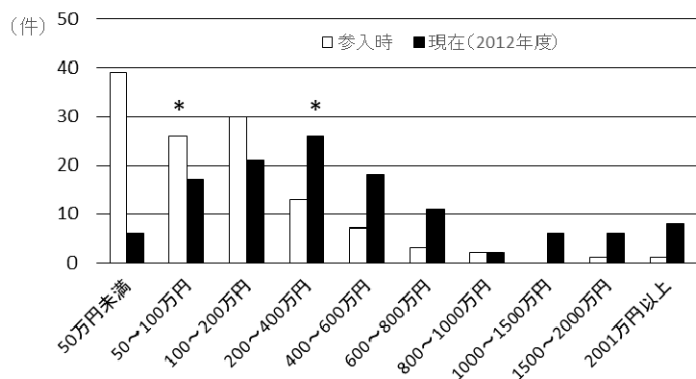


図1 新規参入者の参入時と現在の農業粗収益の分布
（*印は中央値）

新規参入者の参入時と現在（2012年度）の農業粗収益の分布を図1に示した。参入時は中央値が50～100万円であったが、現在では200～400万円に増加したが、200万円未満が36.4%いた。

農業粗収益の平均では、参入時が174万円（50万円未満は32.0%）で、現在は632万円と3.6倍に増加しており、有機農業実施面積の合計でも、参入時の67aから現在の239aへと3.6倍に増加した。そのため家族労働以外の労働力の合計は、参入時の0.2名（パート0.2名）から現在では2.0名（研修生0.4名、正規雇用0.3名、パート1.3名）であった。また、本人以外の家族（配偶者、子、親など）の合計は、参入時の1.7名から現在の2.2名へと1.3倍に増加していた。

4. 調査した転換参入者の現状

平均年齢は56.4歳で、年齢構成では50代と60代が26.5%と最も多く、30代から50代は54.4%であった。専業農家は88.2%で、農業歴の平均が25.9年、有機農業歴の平均は15.4年であった。有機農業の実施率は、参入時が43.2%、現在が67.4%で、初年から栽培面積の100%で有機農業を実施していたのは22.1%であった。水稲作（実施数は参入時が48件、現在が47件）で100%有機農業を実施していたのは、参入時が31.3%、現在が31.9%であった。有機農業歴では15年以下が60.3%（うち、10年以下44.1%）で、17.6%に研修経験があった。

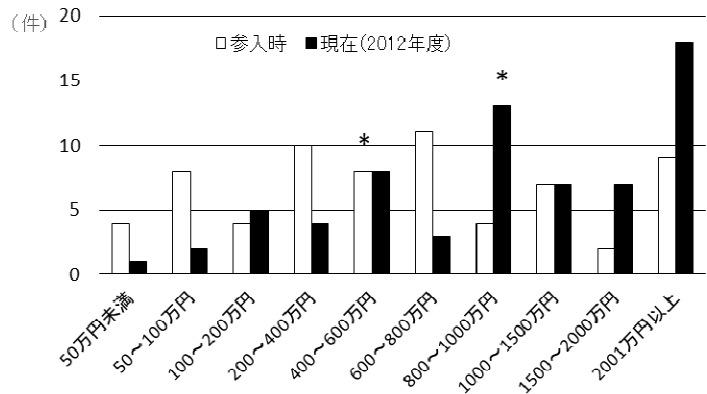


図2 転換参入者の参入時と現在の農業粗収益の分布 (*印は中央値)

転換参入者の参入時と現在（2012年度）の農業粗収益の分布を図2に示した。参入時は中央値が400～600万円であったが、現在では800～1,000万円に増加し、参入時に比べ800万円以上の農業粗収益を上げている農家（団体）が増えていた。

農業粗収益の平均では、参入時が971万円で、現在は1,702万円と1.8倍に増加し、有機農業実施面積の合計でも、参入時の176aから現在の447aへと2.5倍に増加した。そのため家族労働以外の労働力の合計は、参入時の2.5名（研修生0.1名、正規雇用0.2名、パート2.2名）から現在では4.9名（研修生0.4名、正規雇用0.7名、パート3.9名）へと約2倍に増加した。本人以外の家族（配偶者、子、親など）の合計は、参入時の3.5名、現在の3.7名でほとんど変わらなかった。

5. 新規および転換参入者の課題

多くが有機農業で自立、発展を希望する農家であった。その一方で、「利益が出る年と出ない年があり、経営がなかなか安定していない」「取り巻く状況が厳しく、利益が出ない年が続いている」と答えた理由として、新規、転換ともに「農産物の収量、品質の不安定」をあげ、栽培技術の未熟さが経営安定の課題であった。

農林水産省（2007）が実施したアンケート調査でも、「条件を整えば有機農業に取り組みたい」としている農業者が、有機農業に取り組む上で必要な条件（複数回答）として、「収量、品質を確保できる技術の確立（67.5%）」をあげていることから、有機農業の拡大には地域ごとの条件に応じた栽培技術の確立が必要である。

引用文献

藤田正雄・波多野豪（2017）有機農業への新規および転換参入のきっかけと経営状況：実施農家へのアンケート調査結果をもとに. 有機農業研究 9(2):53-63.

第3部

農水省委託プロ「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」 における研究成果

- ◆ 有機農業有機農業プロジェクトの成果概要
- ◆ 病気に強い有機栽培育苗土の生物的特性について
- ◆ 暖地の水田裏作ムギにおけるムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草
- ◆ 高冷地有機レタス栽培における病害虫対策
- ◆ 施設ホウレンソウ作の生物的土壌消毒について

有機農業プロジェクトの成果概要

橋本 知義

農研機構・中央農業研究センター

1. はじめに

農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）が中心となって5ヶ年（2013年度～2017年度）にわたって取り組んだプロジェクト研究「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発（以下、有機農業プロジェクト）」の概要を紹介いたします。

有機農業推進法（2006年）に「国及び地方公共団体は、有機農業に関する技術の研究開発及びその成果の普及を促進するため、研究施設の整備、研究開発の成果に関する普及指導及び情報の提供その他の必要な施策を講ずるものとする。」と技術開発等の促進が明記されています。

これまでに、農研機構プロジェクト「有機農業の生産技術体系の構築と持続性評価方法の開発（2008年度～2010年度）」、農林水産省委託プロジェクト「有機農業の生産技術体系の確立（2009年度～2012年度）」が実施されました。以上の成果は、「環境保全型農業および有機農業の生産システムの確立 <https://www.naro.affrc.go.jp/project/challenge/project11/>」として農研機構 HP で公開しています。

有機農業プロジェクトはこれらの成果をふまえ、有機農業圃場の状態を把握するための客観性のある生物的指標を提示するとともに、有機農業を安定的に実施するための生産技術開発を目指して実施しました。

ここでは、有機農業の栽培マニュアル（以下、マニュアル）の構成とタイトルに従い、成果の概要を紹介いたします。

2. 技術体系化の成果紹介

(1) 暖地における冬作の有機栽培

コムギ葉齢を指標とする機械除草は、事業実施県外にも展開できる省力化技術です。雑草生態に基づき、適切な作業実施時期・回数を選択することで、有機野菜と有機小麦の合理的な複合大規模経営の普及・拡大が可能となります。詳細は、「暖地の水田裏作ムギにおけるムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草」をご覧ください。

(2) 有機実践農家に学ぶレタスの有機栽培

現場の病害虫発生調査に基づく対策試験、適正品種の選抜栽培試験、土壌診断に基づく資材施用試験などの再現性ある調査結果から、規模の大きな（約7ha）露地野菜経営体が、基本技術の組み合わせにより安定経営を継続することを明らかにしました。現地優良事例を解析し、技術要素を抽出・整理し、試験圃場での再現性と改善方針を提案するアプローチが、技術成果の普及方法として有用であることを改めて提示することができました。詳細は、「高冷地有機レタス栽培における病害虫対策」をご覧ください。

(3) ホウレンソウの有機栽培

生物的土壌くん蒸技術の導入適地は広く、広範な普及・拡大が期待できます。連作障害対策にとどまらず土づくりへと繋がる技術情報の紹介、さらに施設ホウレンソウ栽培で難問題となっているホウレンソウケナガコナダニの有機栽培における対策技術も提案します。詳細は、「施設ホウレンソウ作の生物的土壌消毒について」をご覧ください。

3. 生物指標の成果紹介

(1) 病気に強い有機栽培育苗土とは

東日本の広範囲の生産者の育苗培土がイネもみ枯細菌病に抑制効果を示します。この育苗土から単離した微生物の特性、環境変化に対する微生物群の多様性と安定性を明らかにするとともに、自家堆肥により病害抑制現象を再現しました。この成果は水稻に限らず、野菜作への展開も期待されます。詳細は、「病気に強い有機栽培育苗土の生物的特性について」をご覧ください。

(2) 有機物連用による土づくりとは

現地の有機栽培土壌に施用する各種有機質資材からの N 無機化能の評価は、米ぬかを添加した時の N 無機化量に基づき概ね判定できること、有機物分解にかかわる微生物群は、農法の違いではなく、有機物施用履歴の違いが影響すること、有機栽培転換後土壌の微生物群が経年的に安定した有機栽培土壌の微生物群に似通ってくることを明らかにしました。

(3) リンゴの有機（無農薬）栽培は可能か？

試験圃場でリンゴの有機無農薬栽培管理の汎用性を検証する栽培試験を実施しました。転換後 7 年間の成果を取りまとめたところ、自然農法模倣区の収量、果実重量、糖度が慣行管理区より劣りました。現地自然農法園を 4 年間継続し調査したところ、隣接する自然農法模倣園よりも、病害発生が抑制され、リンゴ葉面微生物群集も異なるという興味深い現象を明らかにしました。

(4) 有機栽培に対する土壌生物の反応

有機栽培リンゴ圃場と近隣の慣行栽培リンゴ圃場の 7 組を利用して、土壌理化学性や土壌生物の種類や量を比較しました。土壌理化学性では不明瞭でしたが、生物量や植物体量は有機栽培圃場が多くなりました。このとき、農法の違いではなく、除草剤使用の有無を評価対象としたことで、植物残渣還元により土壌生物が増加する可能性を示しました。

4. 今後の課題

(1) 栽培技術の普及に向けて

有機レタス露地栽培の事例では、現地の優良経営体の栽培技術を試験場で再現することで、生産技術要素を抽出・検討し、施肥設計の改善等の技術提案を行いました。暖地二毛作の冬季野菜栽培の事例では、試験研究機関が蓄積した有機栽培技術により、肥培管理や適正品種選抜試験を実施しました。また、試験場や実施農家から得られたデータを元に経営試算を行い、それぞれの技術の導入による農業所得の増加についても明らかにしました。現地で自然農法によるリンゴ栽培が成功した事例はあるものの、有機農業を安定的に実施するための生産技術として新規参入者へ情報提供するためには、有機 JAS 栽培技術の開発と普及が望ましいと判断しました。これらの技術情報は、マニュアルや技術資料集として、整理しています。

生産現場で有機農業を安定的に実施するためには、今回作成した個々の有機栽培体系について、他の地域において適用可能な技術と入手可能な資材を吟味して、現地適用を進めていくことが必要です。さらに、生産者がビジネスモデルの改善に必要な現場の課題と、個別技術情報とのつながりをイメージできるように、生産現場や普及指導機関と研究機関とが連携した継続的な情報収集と情報発信が望まれます。

(2) 生物的指標の開発に向けて

今回のプロジェクトにより、有機栽培育苗土の水稻病害抑制効果の普遍性を明らかにし、育苗土微生物多様性とその堅牢性を病害抑制効果の指標として提示しました。細菌集団の混合施用による病害抑制技術、また有機栽培育苗土に特徴的な細菌集団の研究成果は、野菜育苗培土への応用により、多様な生産現場での利用が期待されます。

土壌の有機物分解を担うプロテアーゼ生産細菌群集、土壌動物量や糸状菌食性線虫を候補とし

て抽出しました。細菌群集はベテランの有機生産者圃場とその研修生であった新規就農者が利用する圃場、あるいは農業生産法人の有機転換（借地開始）後年数の異なる圃場などの比較調査により、また土壌動物や線虫群集は有機栽培リンゴ圃場と近隣の慣行栽培リンゴ圃場の対比較調査により、それぞれ解析を進めました。これらの指標候補を有機栽培圃場の安定化指標として利用するためには、対象地域を広げた調査に基づき、その判断根拠の適用範囲を明らかにすることが必要です。

(3) 有機農業の現場と研究をつなげるために

近年まで、公的試験研究機関は、有機農業に関する体系的研究にほとんど取り組んでいませんでした。しかし最近では、営農現場への技術情報、農学の普遍的発展に寄与する研究成果などが報告されるようになりました。

有機農業研究の展開には、生産現場のパートナーが必要です。有機農業研究者会議 2018 に参加される生産者や普及指導者と研究者との連携は、単に有機栽培土壌・作物体試料を提供する、利用する関係ではなく、現場の課題解決と農学の深化を両立するための理想的なパートナーになる可能性があります。さらに現場と研究との相互理解を促すファシリテーター（進行役、翻訳者）により、有機農業の現場を「目の前の圃場とその生産者」から、「生産、流通、販売、消費のネットワーク」にまで広げることが可能となります。広義の有機農業現場から普遍的な課題を抽出し、その課題の研究要素と作業仮説を設定し、目の前の圃場で実証し、生産者を含むネットワークのニーズにこたえていくプロジェクトチームを構成できます。

伝統的有機農業実践者の農業技術体系の機作解明とともに、新しい世代の有機農業経営者の抱える課題を解決することが、現場と研究をつなげる有機農業研究の深化につながると考えています。

5. 有機農業プロジェクトに関する技術情報

有機農業プロジェクトの研究成果として、学術論文等 26 報、口頭発表等 80 題、特許出願 1 件、アウトリーチ活動 27 件などを公表しています（2018 年 8 月末日現在）。このうち、生産現場や普及指導機関向け技術情報として取りまとめたマニュアルや技術資料集は web 公開しています。より詳しい内容を知りたい方、研修会などを企画される方は、各資料のお問い合わせ先まで連絡願います。

有機農業の栽培マニュアル

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/080900.html

有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発 技術資料集

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/081481.html

有機農業研究者会議2018(2018年10月24日)

有機農業プロジェクトの成果概要



農研機構・中央農業研究センター 橋本知義

この発表は、農林水産省委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発(2013～2017)」の成果を取りまとめたものです。

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

農研機構プロジェクトの流れ

	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
	有機農業の推進に関する法律成立	機構における有機農業研究推進方向の検討													
農林水産省委託プロジェクト			有機農業の生産体系技術の確立				有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発								
農研機構プロ・中課題			有機農業の生産技術体系の構築と持続性評価方法の開発			環境保全型農業及び有機農業の生産システムの確立				新たな作物保護管理技術を活用した有機栽培体系の確立					

有機農業の栽培マニュアル 34頁より引用

暖地の水田裏作ムギにおける ムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草(九州研・佐賀県)

小麦の雑草は、麦の葉齢を目安に狭畦栽培用除草機で除草



トラクタや乗用管理機に装着します。4条～8条用があり(写真は4条用)、条間は30cm以上が必要です。



レーキが雑草を引っかけて除去します。

有機農業の栽培マニュアル 8頁より引用

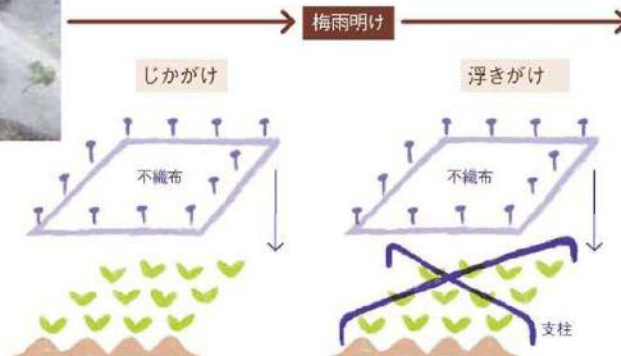
高冷地有機レタス栽培における病害虫対策(中央研・長野県)

虫害対策のポイント

定植直後から収穫2週間前まで不織布を被覆して、チョウ目害虫による被害を回避しましょう。



不織布じかがけの様子



被覆後

被覆前(支柱)

浮き上げにより高温障害(日焼け、品質低下等)を回避します。

不織布被覆除去後は、発生予察情報等に注意し、オオタバコガ等チョウ目害虫の発生が予想される場合は、予防的虫害対策としてBT剤を散布します。

有機農業の栽培マニュアル 11頁より引用

施設ハウレンソウ作の生物的土壌消毒について(西日本研・山口県)

2 カラシナのすき込みによる土壌還元消毒

ハウス内でカラシナ (*Brassica juncea*) を1ヶ月半程度栽培し、すき込んだ後、ダブダブになるまで灌水して透明ビニルなどで土壌表面を被覆します。



1 カラシナ播種2週間後の様子



2 すき込み直前のカラシナの様子
(ヒトの腰から肩くらいの高さ)



3 カラシナを細断後のロータリーによる
すき込みの様子



4 ダブダブになるまで(圃場容水量以上に)
灌水



5 被覆中の様子
(被覆資材は地面にしっかり貼り付くように)



6 ホウレンソウ播種

有機農業の栽培マニュアル 17頁より引用

病気に強い有機栽培育苗培土の生物的特性について(東北大)

有機栽培育苗培土のイネもみ枯細菌病抑制効果

慣行栽培育苗培土と有機栽培育苗培土にイネもみ枯細菌病菌を接種したイネ種子を播種したところ、有機栽培育苗培土では発病が抑えられることがわかりました。

慣行栽培育苗培土

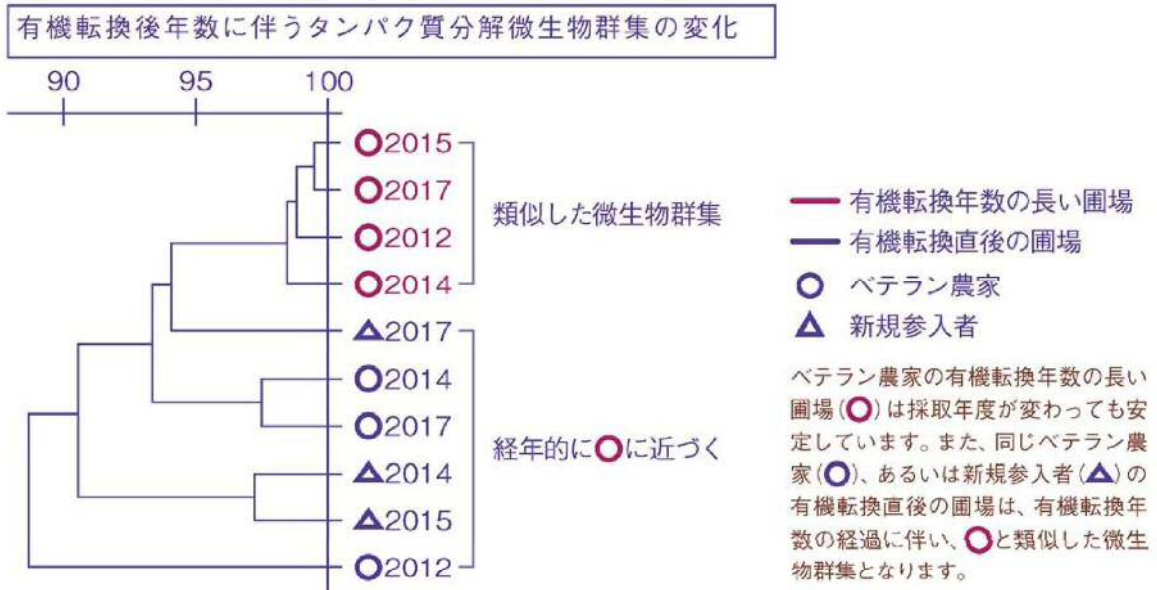


有機栽培育苗培土



有機農業の栽培マニュアル 23頁より引用

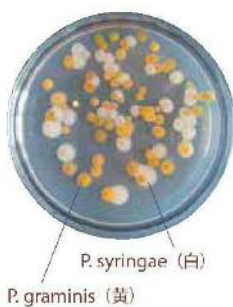
有機物連用による土づくりとは(中央研)



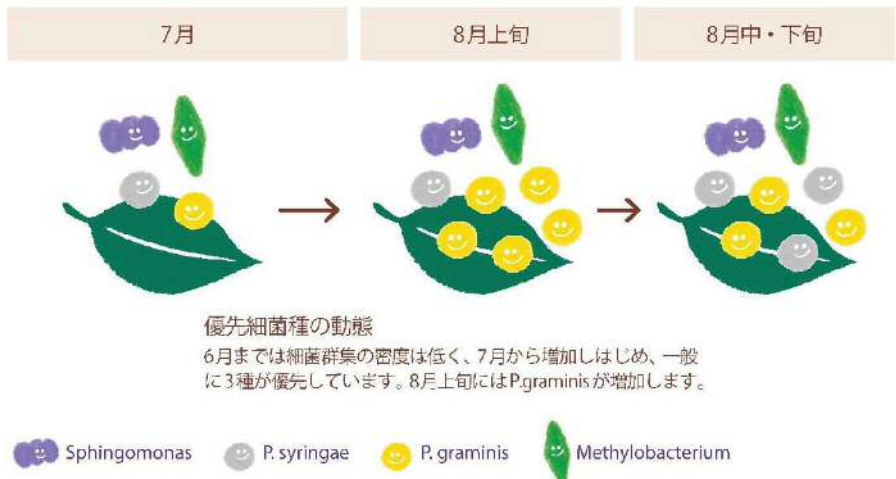
有機農業の栽培マニュアル 25頁より引用

リンゴの有機(無農薬)栽培は可能か？(果樹部門・弘前大)

自然農法園に特異的に多い細菌

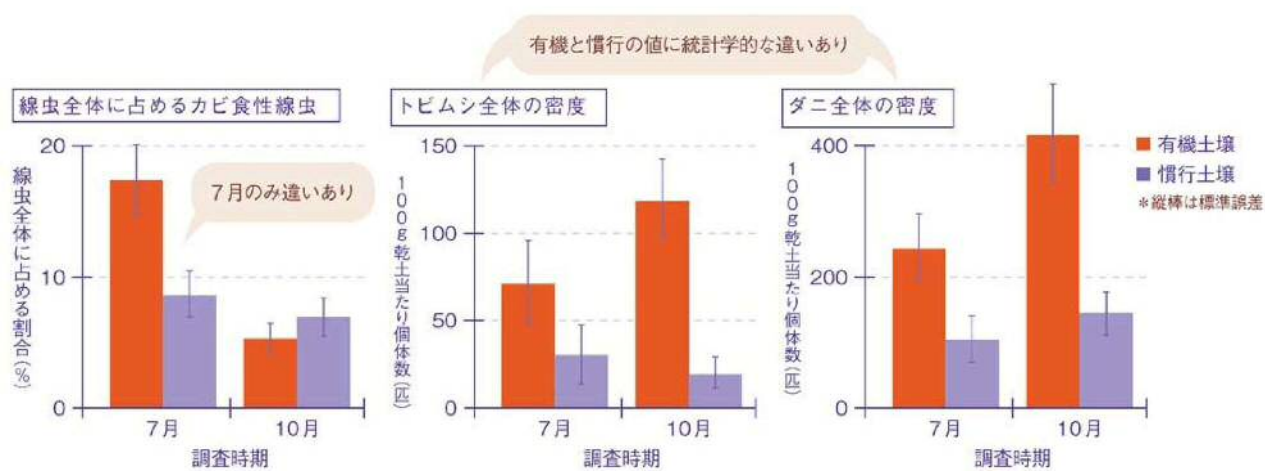


自然農法園のリンゴ葉面細菌群集の増減(2012~2015年)



有機農業の栽培マニュアル 27頁より引用

有機栽培に対する土壌生物の反応(中央研)



有機農業の栽培マニュアル 28頁より引用

病気に強い有機栽培育苗土の 生物的特性について

安藤 杉尋・高橋 英樹

東北大学大学院農学研究科

はじめに

我国の農作物の病害防除は農薬による化学的防除が主流となっているが、農薬の過剰施用などによる環境負荷が問題視されるようになり、環境保全型農業の重要性が高まっている。その中で、有機農業は化学肥料や化学農薬を使用しないことを基本とした環境保全型農業の一形態といえる。一般に慣行農業では化学農薬を使用せずに農作物を栽培すると大きな減収につながることから、有機農業には何らかの病害抑制機能が存在することが考えられる。有機農業における病害防除は、適切な土壌管理や栽培管理による耕種的防除が基本となる。中でも土づくりの重要性は広く認識されており、土壌微生物の機能を健全化することが重要であることは、多くの一般書籍でも紹介されている。しかしながら、有機農法と一口に言ってもその詳細は多様であり、農家の試行錯誤や工夫によって成り立っているケースが多く、有機農業における土壌微生物の特徴や機能について、科学データに基づいた総合的解釈は十分に行われていない。このようなことから、我々は有機農業の病害抑制機能について共通した生物特性を見出すことを目的に研究に取り組んできた。本稿では、我国の有機農業において多くの成功例が存在する水稲の有機栽培に焦点を絞り、農家が独自に作成した育苗用培土（以下、有機栽培育苗土）の病害抑制効果と、その土壌微生物相の特徴について紹介する。

1. 水稲の有機栽培育苗土の病害抑制効果

前述の通り有機農業と一口に言ってもその内容は多様であり、水稲の育苗に用いる培土も農家によって材料、製造方法が異なっている。そこで我々は有機農業に共通した特徴を見出すために、各地の有機農家に分譲を依頼し有機栽培育苗土の収集を行った。収集した 12 点の有機栽培育苗土の製造方法の聞き取り調査では、米ぬか、もみ殻等のイネ由来の有機物が材料として使用されている例が多かったが、やはり製造方法に統一性はなかった。まず、これらについて病害抑制効果の有無を確認するため、イネもみ枯細菌病菌 (*Burkholderia glumae*) を接種した種子をそれぞれの育苗土に播種し、30℃ (発病を促進するため) の条件で培養を行った。9 日後に発病調査を行ったところ、市販の慣行栽培育苗土ではイネもみ枯細菌病による苗腐敗症の激しい発病が認められたが、有機栽培育苗土ではほとんど発病が確認されず、全てにおいて発病抑制効果が確認された (図 1、表 1)。さらに、他の病害としてイネ苗立枯細菌病 (病原菌: *B. plantarii*) と苗いもち (病原菌: *Magnaporthe oryzae*) に対する抑制効果を解析したところ、解析した全ての有機栽培育苗土で発病が抑制された (Takahashi et al., 2018)。これらのことから有機栽培育苗土は、ある程度の普遍性をもって病害抑制効果をもつことが確認された。ただし、予備的な結果ではイネばか苗病に対する効果は認められなかったことなどから、有機栽培育苗土の病害抑制効果は万能ではないので注意が必要である。

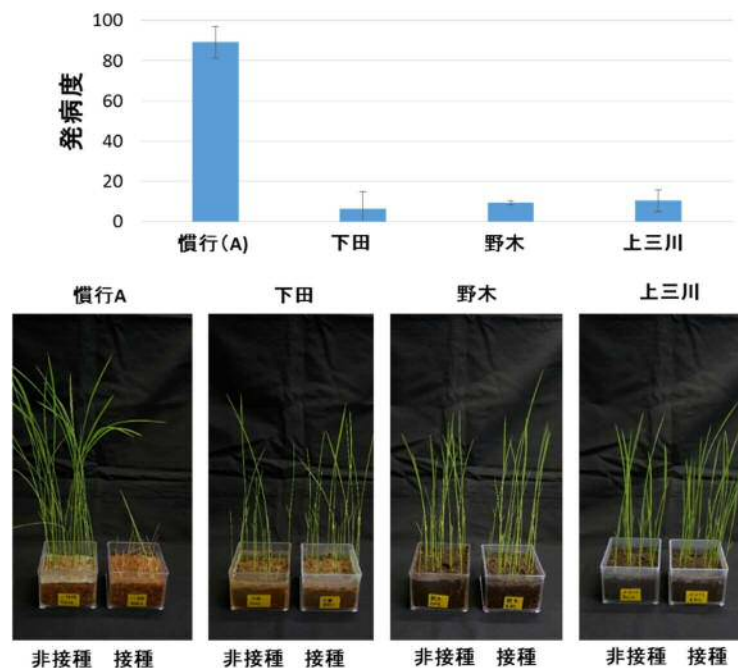


図1. 有機栽培育苗土のイネもみ枯細菌病抑制効果
 イネもみ枯細菌病菌を接種した種子を慣行栽培育苗土と有機栽培育苗土（下田、野木、上三川）に播種し、30℃で9日間培養した。慣行栽培育苗土では病原菌接種によりほぼ枯死しているが、有機栽培育苗土では非接種と殆ど変わらない。

表1. 有機栽培育苗土の採集地と病害抑制効果

有機栽培育苗土の採集地等	イネもみ枯細菌病	イネ苗立枯細菌病	苗いもち
福島県・石川町	抑制効果あり	抑制効果あり	未解析
宮城県・涌谷町	抑制効果あり	抑制効果あり	未解析
宮城県・鳴子町	抑制効果あり	抑制効果あり	未解析
栃木県・野木町	抑制効果あり	未解析	未解析
栃木県・芳賀町	抑制効果あり	抑制効果あり	抑制効果あり
秋田県・大潟村	抑制効果あり	抑制効果あり	未解析
静岡県・下田市	抑制効果あり	未解析	未解析
岩手県・遠野市	抑制効果あり	未解析	未解析
栃木県・上三川町	抑制効果あり	未解析	未解析
埼玉県・さいたま市	抑制効果あり	未解析	未解析
新潟県・新潟市	抑制効果あり	未解析	抑制効果あり
宮城県・東松島市	抑制効果あり	未解析	未解析
慣行培土 (A)	効果なし	効果なし	効果なし
慣行培土 (B)	効果なし	効果なし	未解析
慣行培土 (C)	効果なし	効果なし	未解析

有機栽培育苗土の病害抑制機能は示されたが、有機農家が自作した有機栽培育苗土は誰でも簡単に入手できるものではない。そこで、有機農業でしばしば利用される堆肥を用いて同様の効果が確認できれば汎用性が高まると考えた。そこで実際に、米ぬか、もみ殻、稲わらを材料とした

「もみ殻堆肥」を東北大圃場で作成し、無肥料培土に 1/3 量加えたものを用いてイネもみ枯細菌病の接種実験を行った。その結果、もみ殻堆肥を育苗土に混ぜることで有機栽培育苗土と同様の発病抑制効果が得られることが確認された。さらに調査は必要であるが、堆肥の投与には肥料としてだけでなく、病害の発生リスクを低減させる効果があるのではないかと考えられる。

さらに、有機栽培育苗土の病害抑制効果の仕組みを知るため、土壤理化学性を調べたが、共通した特徴は認められず、土壤理化学性と病害抑制効果の相関性は低いと推察された。そこで、次に有機栽培育苗土の生物的特性について解析を行った。

2. 有機栽培育苗土の微生物多様性とその堅牢性

有機栽培の土づくりでは、微生物の働きを最大限に利用するために様々な有機資材が投入され、微生物を増やす試みがなされる。しかしながら、実際に我国の有機栽培で利用される土の微生物多様性を解析した例はほとんどない。そこで、収集した有機栽培育苗土および慣行栽培育苗土から DNA を抽出し、細菌の 16S rDNA と糸状菌の 18S rDNA 配列に基づく微生物多様性の比較を行った。抽出した DNA を鋳型に PCR 法によって rDNA 配列を増幅し、DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) 法による解析を行った。DGGE 法では同じ長さの DNA 断片を変性剤濃度勾配アクリルアミドゲルで電気泳動することで、DNA 配列の違いをバンドの移動度の違いとして検出することができる。すなわち、バンドパターンが微生物相（そこにいる微生物集団の構成）を表すことになる。解析の結果、細菌由来の 16S rDNA および糸状菌由来の 18S rDNA のバンドパターンは慣行栽培育苗土に比べて本数が多く複雑である様子が観察された。バンドパターンを基に多様性指数を算出した結果、細菌では微生物の豊富さを示すリッチネスの値と集団の均等性（特定の菌に偏っていない）を示すイーブンネスの値が全ての有機栽培育苗土で慣行栽培育苗土に比べて高いことが明らかになった（表 2）。糸状菌についても同様にリッチネスの値が有機栽培育苗土で高い傾向が認められた（表 2）。これらの結果から、有機栽培育苗土は慣行栽培育苗土に比べて微生物多様性が高いことが確認された。また、有機栽培育苗土間では土壤理化学性に共通性は認められなかったが、微生物多様性が高いという共通性があることが示された。

続いて有機栽培育苗土の微生物多様性の高さが病害抑制効果に係わる可能性を検討するため、微生物相の安定性について検討を行った。水分環境の変化と植物栽培による環境変化は土壤微生物相に大きな影響を与える要因になり得る。そこで育苗土に水を添加（灌水）して 7 日後とイネ種子を播種して 7 日間栽培した後の育苗土から同様に DNA を抽出した。さらに細菌由来の 16S rDNA を増幅後、次世代シーケンサーを用いて網羅的に DNA 配列の解析を行い、データベースとの比較によって微生物種の推定を行った。環境要因の影響による微生物種の変動を比較したところ、慣行栽培育苗土では灌水処理や植物栽培によって土壤に生息する微生物種の割合のパターンが劇的に変化したのに対し、有機栽培育苗土では、大きく変化することはなかった。このことは、有機栽培育苗土の土壤微生物相は多様性が高いことに加え、環境変化に対して影響を受けにくい、すなわち堅牢性が高いことを示している。この環境変化に対する微生物相の堅牢性が病原菌の侵入に対し、その増殖を抑制する作用があるものと考えられる。実際に、有機栽培育苗土にイネもみ枯細菌病菌を接種した種子を播種し、その後の病原菌の増殖を調べたところ、慣行栽培育苗土に比べて増殖が抑制されることが分かっている。

表 2. 有機栽培育苗土の微生物多様性指数

No	サンプル名	細菌 (16S)		糸状菌 (18S)	
		リッチネス	イーブンネス	リッチネス	イーブンネス
1	宮城県涌谷町有機培土	22.0 ± 2.1*	0.989 ± 0.001*	11.0 ± 2.2*	0.639 ± 0.019
2	宮城県鳴子町有機培土	21.3 ± 2.6*	0.990 ± 0.005	12.7 ± 0.5*	0.856 ± 0.001
3	栃木県野木町有機培土	18.0 ± 2.9*	0.990 ± 0.001*	11.0 ± 1.4*	0.804 ± 0.013
4	栃木県芳賀町有機培土	13.7 ± 0.8*	0.968 ± 0.004*	11.3 ± 0.5*	0.908 ± 0.021
5	秋田県大潟村有機培土	12.0 ± 0.5*	0.956 ± 0.017*	6.3 ± 0.5*	0.713 ± 0.010
6	静岡県下田市有機培土	8.3 ± 0.5*	0.985 ± 0.005*	11.3 ± 3.9*	0.976 ± 0.011
7	岩手県遠野市有機培土	9.3 ± 0.9*	0.936 ± 0.018*	12.7 ± 2.4*	0.720 ± 0.031
8	栃木県上三川町有機培土	12.3 ± 0.5*	0.948 ± 0.015*	8.0 ± 1.4*	0.589 ± 0.111
9	埼玉県さいたま市有機培土	13.3 ± 1.9*	0.955 ± 0.016*	7.7 ± 0.5*	0.745 ± 0.105
10	慣行培土(A)	2.7 ± 0.9	0.602 ± 0.148	5.7 ± 0.5	0.857 ± 0.084
11	慣行培土(B)	6.7 ± 0.9	0.863 ± 0.028	3.7 ± 0.5	0.870 ± 0.170

*慣行培土に対して有意に高い値を示す (Dunnett's test, $P < 0.05$)。

3. 有機栽培育苗土から培養によって得た細菌の病害抑制効果

(1) 病害抑制活性を有する細菌の分離

有機栽培育苗土の微生物多様性とその堅牢性が病害抑制機能に重要であることを紹介してきたが、その中にはどんな病害抑制効果をもつ微生物が生息しているのだろうか。土壌微生物の 99% は難培養性であり培地上で培養することは困難とされているが (McCaig et al., 2001)、まずは培養可能な微生物について解析する目的で、有機栽培育苗土から細菌を分離し、その病害抑制効果の有無を解析した。宮城県涌谷町の有機栽培育苗土を NA 培地上に塗布し、形成されたコロニーを単離し、16S rDNA 配列に基づく種の推定とイネもみ枯細菌病に対する抑制効果を調べたところ、*Pseudomonas* 属菌と推定される菌株 (W6 株) に病害抑制効果が確認された (Ando et al., 2014)。*Pseudomonas* 属菌の中には生物農薬として利用されている菌株も存在するため、有機栽培育苗土の中にも同様の効果をもつ細菌が生息していることが、病害抑制効果を生み出す一つの要因である可能性が考えられる。さらに、分離した *Pseudomonas* 属菌 (W6 株) の病害抑制機構について解析を進めた結果、W6 株を処理したイネの芽生えではエチレン産生が促進されることが分かった。エチレンは植物の抵抗性誘導に係わる植物ホルモンの一つであることから、W6 株はイネの抵抗性誘導を介してイネもみ枯細菌病を抑制している可能性が考えられる。

(2) 培養可能な細菌の集団施用の効果

有機栽培育苗土の微生物多様性が病害抑制機能に重要な役割をもつことが示唆されたこと、実際に有機栽培育苗土から病害抑制効果をもつ細菌が分離されたことから、培養によって得た細菌を集団で施用することで、有機栽培育苗土と同様の病害抑制機能を市販の育苗土に付与することはできないかと考えた。

有機栽培育苗土を培地に塗布し、培養によって得た細菌を全て混合し、市販の育苗土に添加し、イネもみ枯細菌病抑制効果を解析した。その際に培養に用いる培地を検討したところ、貧栄養培地を用いて培養した細菌集団を施用すると病害抑制効果が認められるケースが多いことが分かった。細菌集団を施用した育苗土の土壌微生物相を 16S rDNA の PCR-DGGE 法によって解析したところ、病原菌接種による微生物相の変化が無添加区と比較して小さく、有機栽培育苗土の微生物相で認められた堅牢性と類似の性質をもっている可能性が考えられた (図 2)。さらに、貧栄養

培地で培養した細菌集団を同じ培地で繰返し培養しても病害抑制効果が維持されることが明らかになった。将来的には、貧栄養培地で培養した細菌集団を用いることで、微生物相の堅牢性を利用した病害防除技術を確立したいと考えている。

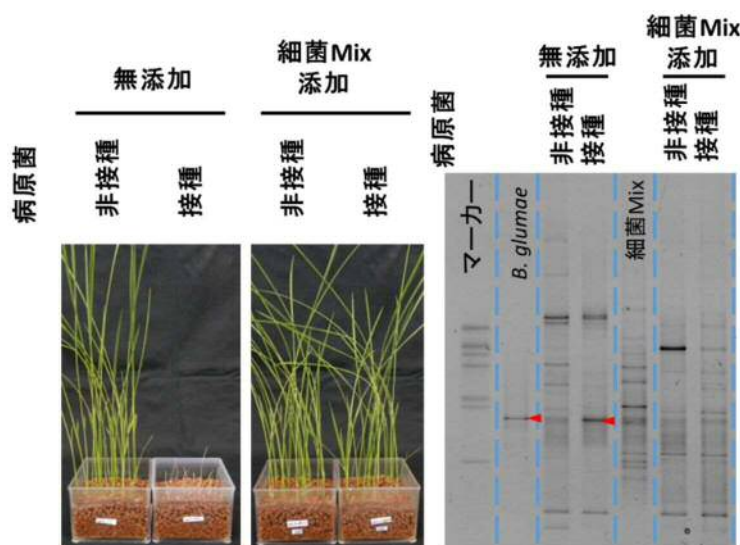


図 2. 有機栽培育苗土から培養した細菌集団のイネもみ枯細菌病抑制効果
イネもみ枯細菌病菌 (*B. glumae*) を接種した種子を播種した慣行栽培育苗土に、芳賀町の有機栽培育苗土から貧栄養培地を用いて培養した細菌集団（細菌 Mix）を添加し、9 日後の発病を調査した（右）。細菌 Mix 添加によりイネもみ枯細菌病が抑制されることが明らかになった。さらに、その際の育苗土からそれぞれ DNA を抽出し 16S rDNA の PCR-DGGE 法による細菌相の変化を観察した（左）。無添加区に比べ、細菌 Mix 添加区では病原菌接種によるバンドパターンの変化が少ない様子が観察された。矢頭は病原菌由来のバンドを示す。

おわりに

今回の研究では、有機農業の病害抑制機能が実際に確認され、土壤微生物の多様性とその環境変化に対する堅牢性が重要な役割を果たしている可能性が示唆された。病気に強い有機栽培育苗土の指標として、特定の微生物を挙げることはできなかったが、微生物多様性が高いという特徴が一つの指標になり得ることは複数の有機栽培育苗土を解析した結果から示唆できたと考えている。さらに、有機栽培育苗土から病害抑制効果をもつ細菌が分離されたことなどから、実際には複数の要因が複雑に絡み合って病害抑制機能を発揮していると考えられる。継続的な有機農業の科学的解析により、生産者や消費者に有用な情報が提供されることが望まれる。

謝辞

本研究は農林水産省、有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発委託事業の支援により行われた。

参考文献

- 1) Ando, S., Ito, T., Kanno, T., Kobayashi, T., Morikawa, T., Honda, K., Tsushima, S. and Takahashi, H. (2014) Impact of organic crop management on suppression of bacterial seedling diseases in rice. *Organic Agriculture* 4: 187–196.
- 2) McCaig, A.E., Grayston, S.J., Prosser, J.I., and Glover, L.A. (2001) Impact of cultivation on characterization of species composition of soil bacterial communities. *FEMS Microbiol.*

Ecol. 35: 37–48.

- 3) Takahashi, H., Matsuhita, Y. Ito, T., Nakai, Y., Nanzyo, M., Kobayashi, T., Iwaishi, S., Hashimoto, T., Miyashita, S., Morikawa, S., Yoshida, S., Tsushima, S. and Ando, S. (2018) Comparative analysis of microbial diversity and bacterial seedling disease-suppressive activity in organic-farmed and standardized commercial conventional soils for rice nursery cultivation. *J. Phytopathol.* 166: 249–264.

暖地の水田裏作ムギにおける ムギの葉齢を指標にした効果的な機械除草

大段 秀記

(国研) 農研機構 九州沖縄農業研究センター

はじめに

暖地の水田では温暖な気候を利用して二毛作が盛んに行われています。裏作では野菜類を栽培することもあります。コムギもしくはオオムギが栽培されることが多いです。温暖な気候であるがゆえに雑草の繁茂大きな問題となります。水稻を主にした有機栽培であっても、ムギ類との二毛作を行うためには当然ムギ類の栽培に除草剤を使用することはできません。湛水条件で栽培する水稻では、米ぬかやアイガモ、複数回代かき、チェーン除草など様々な除草方法が開発されています。しかし、畑条件で栽培するムギ類ではそれらの除草方法を利用することは困難であり、雑草が繁茂しやすく、麦類の収量や品質に大きな影響を及ぼします。

畑条件での雑草防除は耕種的防除もしくは物理的防除を行う必要があります。耕種的防除として、水稻収穫後に耕起を行うことでムギ播種前に雑草の発芽を促進させ、播種後の発生量を低減したり、播種時期を遅らせることで発生量を低減したりすることは可能です。しかし、ムギ播種後に発生した雑草については物理的防除しか方法はありません。暖地では排水性を高めるために畝立て栽培が一般的です。畝間については中耕で防除が可能ですが、条間の雑草防除は除草機が必要です。ムギ用の除草機としては北海道の機械メーカーであるキュウホー社が販売しているレーキ式除草機があり、九州地域でも慣行栽培での導入事例が増えています。しかし、思ったような除草効果が得られていない事例が多くあり、暖地のムギ作での効果的な利用方法は検討されていませんでした。効果的な除草のためには除草作業時期が重要と考え、検討を行ったところ除草時期の基準としてムギの葉齢を指標にすると効果的であることがわかりましたので紹介したいと思います。なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」で実施しました。

1. 使用するレーキ式除草機

キュウホー社の狭畦栽培用除草機(第1図)を使用しました。玉輪(風車のような赤い部品)で土壌表面を砕いて柔らかくし、レーキで雑草を引っ掻いて取り除きます(第2図)。本機は乗用タイプではなく、トラ



第1図 使用除草機



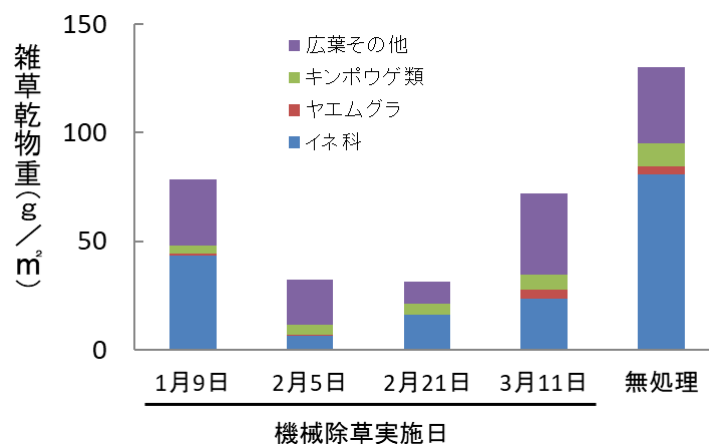
第2図 雑草を掻き取ったレーキ

クタや乗用管理機に装着するタイプですので価格が比較的安価です。4条用から8条用まであり、本研究では乗用管理機装着型の4条用を使用しました。牽引するだけですので作業速度は速く、

10～15分/10a程度で作業できます。条間は30cm以上必要ですので、本除草機に合わせた播種様式にする必要があります。詳細はキュウホー社のホームページ (<http://www11.plala.or.jp/qfo/homepage%202013/index.html>) をご覧ください。

2. 暦日を基準に機械除草を実施した場合の除草効果の年次変動

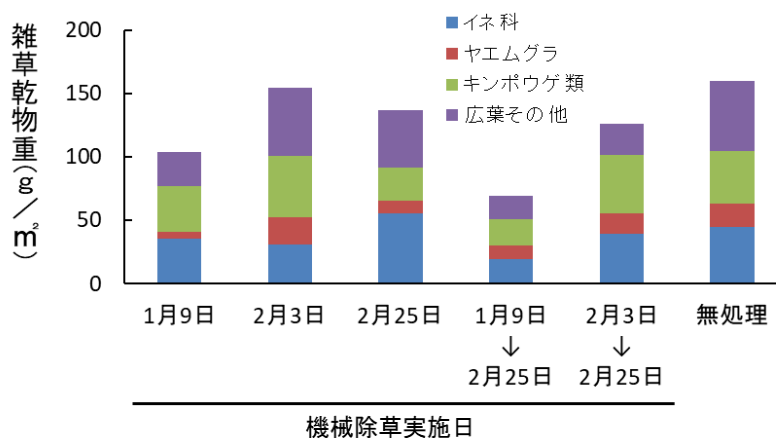
機械除草実施時期によって除草効果に違いがあると考え、2013年（播種年度、以下も同様）に調査したところ、2月5日～21日の間に実施すると除草効果が高いという結果になりました（第3図）。



第3図 機械除草実施時期が除草効果に及ぼす影響 (2013年)

年次変動を確認するために2014年に同様の試験を行ったところ、2013年とは明らかに異なる傾向が認められました（第4図）。2013年に除草効果が高かった2月上旬～下旬にかけての実施では効果が低く、1月上旬に実施したほうが雑草は少ないという結果になりました。併せて除草回数も検討したところ、1月上旬と2月下旬の2回実施した場合に雑草が最も少なくなりました。

年次変動が確認された要因を考察したところ、2カ年で播種時期が異なっており、そのことが結果に影響したのではないかと考えました。播種日は2013年が12月3日、2014年は11月20日で、13日違いました。播種日が異なることで雑草の発生時期や生育速度が異なり、機械除草実施時の雑草の大きさに違いが出て、除草効果に影響をしたのではないかと考えました。

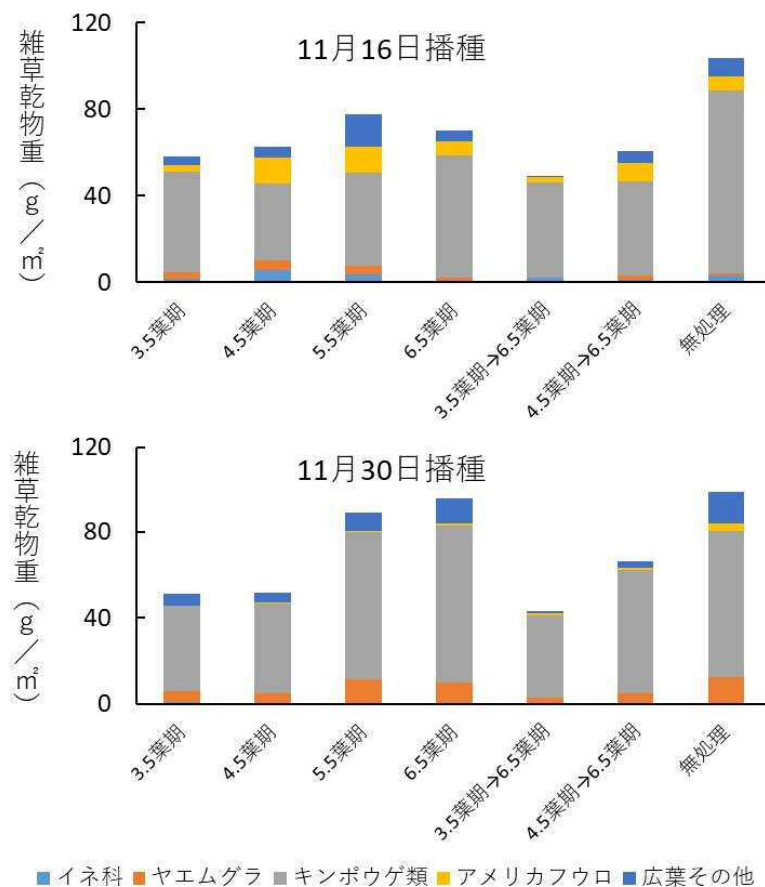


第4図 機械除草実施時期が除草効果に及ぼす影響 (2014年)

3. ムギの葉齢を指標にした機械除草実施時期

近年、暖地のムギ作の標準的な播種時期である 11 月 20 日前後の天候は不安定で、播種時期が安定していません。したがって、暦日を機械除草実施時期の基準として採用することは困難です。そこで、播種時期の影響を受けない除草時期の指標としてムギの葉齢を検討しました。ムギの葉齢は播種時期や気温を反映し、雑草の大きさ（葉齢）とも相関があるので、除草時期の指標として利用できるのではないかと考えました。

そこで、2015 年に播種を 11 月 16 日と 11 月 30 日の 2 時期で行いコムギの葉齢が 3.5、4.5、5.5、6.5 の時期に機械除草を行い、除草効果を確認したところ、いずれの播種時期においても除草時期が早いほど除草効果は高い傾向にありました。さらに 3.5 葉期と 6.5 葉期の 2 回実施した場合に除草効果は最も高くなりました（第 5 図）。



第 5 図 ムギの葉齢を指標に機械除草を実施した場合の除草効果（2015 年）

この結果から、機械除草の実施時期の基準としてムギの葉齢を指標にすることが適していると言えます。実際の機械除草実施日とその時のコムギの葉齢を第 1 表に示しました。

この表から分かるように暦日を基準にするとコムギの葉齢は大きく異なります。2013 年の試験で除草効果が高かった 2 月上旬を見ると、コムギの葉齢は 2~3 葉程度異なり、除草効果も大きく異なります。したがって、暦日は機械除草の実施時期の基準には適しておらず、ムギの葉齢を指標とすることが適していると言えます。コムギの葉齢は第 N 葉が完全展開する前に第 N+1 葉が抽出します。つまり、3 枚目の葉が伸長している途中で 4 枚目の葉が出てきます。したがって、キリの良い数字で示すことは難しく、3.5 葉期は 3~4 葉期、6.5 葉期は 6~7 葉期を目安にすると思います。

第1表 実際の機械除草実施日とその時のコムギの葉齢

コムギ播種日		機械除草実施時期			
		3.5葉期	4.5葉期	5.5葉期	6.5葉期
11月16日	暦日	12月22日	12月28日	1月8日	2月2日
	コムギ葉齢	4.2	4.8	5.7	7.3
11月30日	暦日	1月13日	2月2日	2月17日	2月25日
	コムギ葉齢	3.4	4.6	6.0	6.5

コムギ葉齢は無処理区の5~10個体の平均値

4. 雑草別の機械除草の効果

スズメノテッポウやカズノコグサといったイネ科雑草に対しては1回目の実施時期が重要です。イネ科雑草は発生が比較的早いので、1回目の機械除草が早いほど除草効果が高くなる傾向にあります。しかし、早すぎるとムギまで引っ掻いてしまい欠株が多く発生するので3.5葉期ぐらいが適当です。ムギ作の代表的な広葉雑草であるヤエムグラは発生が遅く、だらだらと発生し続けるので2回目の機械除草が重要となります。有機栽培では多種の雑草が発生すると考えられることから、複数の雑草を効率的に防除する必要がありますが、3.5葉期と6.5葉期の2回であれば発生の早いイネ科雑草と遅い広葉雑草の両方を効果的に防除できます。



スズメノテッポウ



カズノコグサ



ヤエムグラ



トゲミノキツネノボタン

第6図 暖地ムギ作圃場に発生する雑草

今回の試験で使用した圃場はキンポウゲ類（トゲミノキツネノボタンとイボミキンポウゲ）が優占していました。2回体系で無処理区比約50%の除草効果が得られましたが、他の雑草に比べると除草効果はあまり高くありませんでした。使用したレーキ除草機は株間及び株に近い雑草の除去は困難であり、キンポウゲ類は発生深度も深いことから株元に発生した個体が大きく生長し除草効果が低くなったと考えられます。機械除草では除草効果が低い雑草の場合は耕種的防除も組み合わせて総合的に防除する必要があると考えます。

参考文献

大段秀記 2015. レーキ式除草機による機械除草の実施時期と実施回数が暖地の水田裏作小麦作の雑草防除に及ぼす影響. 九州の雑草 45:10-13.

大段秀記 2016. 麦作有機栽培におけるイネ科雑草及び小麦葉齢を指標にした機械除草の効果的実施時期. 九州の雑草 46:22-25.

高冷地有機レタス栽培における病害虫対策

山内 智史¹⁾・清水 時哉²⁾・金子 政夫²⁾・出澤 文武³⁾

¹⁾ (国研) 農研機構中央農業研究センター ²⁾ 長野県野菜花き試験場 ³⁾ 長野県農業大学校

1. はじめに

経済のグリーン化とは、「経済活動が環境に配慮したものとなり、経済活動により自然資源や生態系などの地球環境が回復不能なほど損なわれることがないようにすることです。(中略) 経済成長と環境保全の両立をはかるものであり、持続可能な社会を実現するために、不可欠な基盤であるといえます。」(環境省 HP より引用、https://www.env.go.jp/policy/keiei_portal/economy/index.html) とされている。農業分野においても持続可能な社会や農業生産を実現するため、環境への影響を極力低減させた生産方式の開発やそれらの導入が世界的な時勢の動きとなっている。また、近年、ライフスタイルや食に対する考え方は多様化してきているが、食に対する安全・安心志向は一貫しており、これから先も大きく変わらないものと思われる。そのような背景から、環境問題や消費者ニーズへの答えの一つとして、新たに有機栽培に取り組もうとする生産者が増えているものと考えられる。

一方で、有機栽培は生産者が長い年月をかけて得た“経験や勘”に基づくところが大きく、新たに有機栽培に取り組もうとする生産者にとっては技術的なハードルが高いといわれている。そこで農林水産省委託プロジェクト「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発」(2013～2017 年度) 中の研究課題「レタス有機栽培における安定生産技術の体系化と経営評価」では、有機栽培に必要とされる栽培技術を可視化するため、長野県塩尻市で有機レタス栽培を長年実践されている生産者圃場において、既存の栽培技術や課題を抽出し、科学的な検証を加え、病害虫対策や施肥・土壌管理など有機栽培を実践するためのポイントを整理した。今回は、病害虫対策の内容に焦点を絞って紹介する。

2. レタスの栽培時期と主要病害虫

調査対象とした有機栽培圃場は、長野県塩尻市(標高約 750m～860m に点在、黒ボク土)にあり、夏場の冷涼な気象条件を利用した玉レタスの有機栽培が長年実践されている(図 1)。2月に春どり用の播種からはじまり、10月の夏秋どり収穫まで長期間にわたりレタス栽培が行われている(図 2)。虫害では、夏秋期にオオタバコガやヨトウムシなどのチョウ目害虫、ナモグリバエ類、アブラムシ類の発生が、また、病害では、主に糸状菌病のすそ枯病、細菌病の腐敗病、軟腐病、斑点細菌病が発生し、収量や品質に影響の認められる場合もある(各種病害虫の特徴や診断のポイント等は、「有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発 技術資料集」pp.2-25～2-31 を参照していただきたい)。そのため、病害虫による被害を経済的に許容できる範囲に抑え、有機栽培を成功させるには、有機栽培で利用可能な耕種的・物理的・生物的防除法などを組み合わせた予防的な対策を講じる必要がある。



図1 レタスの有機栽培風景と収穫直前のレタス（有機栽培マニュアルp13 より引用）

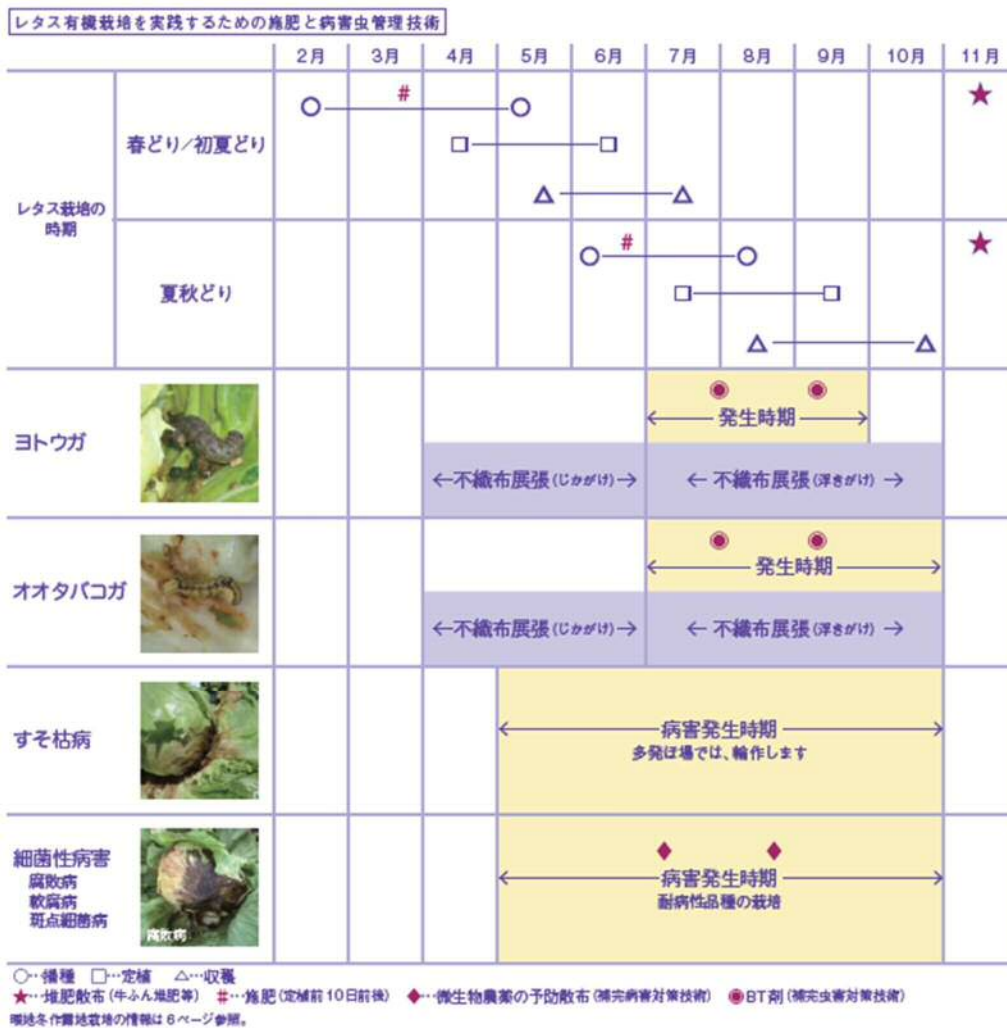


図2 レタスの栽培時期と施肥，病害虫管理（有機栽培マニュアルp10 より引用）

3. 虫害対策

長野県塩尻市において、オオタバコガの成虫は5月から10月にかけて発生し、特に8月以降に成虫の誘殺数が増加する傾向がある。そのため、現地の有機栽培圃場においても実施されているように、いずれの作型でも定植直後から収穫前までレタスを不織布などで被覆し、産卵を抑制することが重要である（図3）。

春作レタス栽培においてオオタバコガの成虫は誘殺されるが、オオタバコガの幼虫による被害

は皆無であったことから、不織布の“じかがけ”により一定の被害軽減効果があると考えられる（表1）。

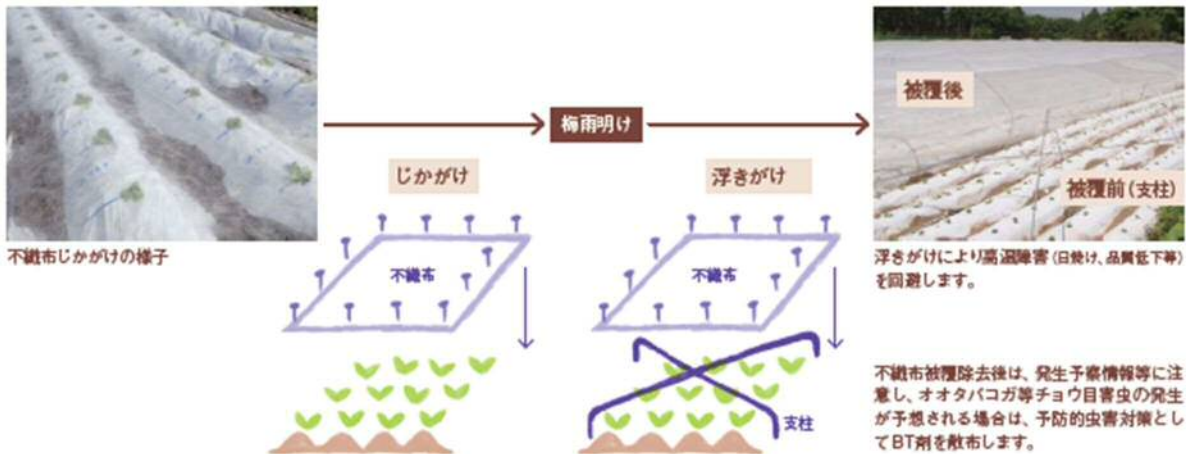


図3 不織布のべたがけによるチョウ目害虫の被害軽減対策（有機栽培マニュアル p11 より引用）

表1 春作レタスへのじかがけ被覆による防除効果（平成29年、塩尻市）

調査圃場	調査株数	レタスの被害株数 / 100株			
		オオタバコガ	ヨトウムシ	ハモグリバエ類	ジャガイモヒゲ ナガアブラムシ
有機栽培 実践圃場	100	0	0	3	3

（技術資料集 p2-9 より引用）

しかし、レタスを不織布などで覆うことにより、被覆内部の気温は外気温よりも高くなる傾向にあり、葉焼け等の高温障害の発生する恐れがある。そこで、レタスを不織布で直接被覆する“じかがけ”と、支柱を利用することによりレタスに直接不織布が接触しないように被覆する“浮きがけ”による内部のレタス葉上の温度を比較した。その結果、“浮きがけ”では“じかがけ”に比べて温度が低く推移し、最高で10°C近くの温度上昇が抑制され、高温障害の発生が抑制される傾向が認められた（図4）。また、夏秋作レタス栽培において、オオタバコガの成虫の誘殺数が多い割に、不織布の“浮きがけ”でもオオタバコガの幼虫による被害が皆無であったことから、不織布による“浮きがけ”は一定の被害軽減効果があると考えられる（表2）。

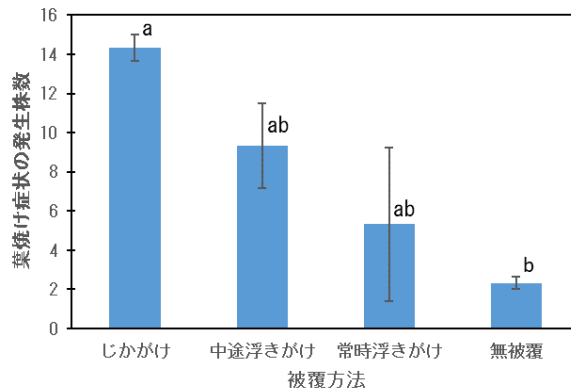


図4 レタスの被覆方法が高温障害（縁枯症状）の発生に及ぼす影響（平成29年）
各処理区3連（1区20株）で調査。Tukey HSD検定により、異なるアルファベット間で5%有意差有り、縦棒は標準誤差を示す。中途浮きがけは8月4日（定植14日後）に“じかがけ”から“浮きがけ”に移行。（技術資料集 p2-11 の表2-9 を改変）

表2 夏秋作レタスへの浮きがけ被覆による防除効果（平成29年、塩尻市）

調査圃場	調査株数	レタスの被害株数 / 200株			
		オオタバコガ	ヨトウムシ	ハモグリバエ類	ジャガイモヒゲナガアブラムシ
有機栽培実践圃場	200	0	8	0	0

（技術資料集 p2-10 より引用）

以上の結果より、高温障害発生のリスクが少ない梅雨明け前までは定植直後から不織布を“じかがけ”、梅雨明け後などの高温が予想される場合には、定植直後から“浮きがけ”することにより、チョウ目害虫による被害軽減と共に、ある程度高温障害回避が可能と考えられる。

4. 病害対策

病害に対しては、過去の発生履歴（作期、圃場の場所、品種、病害の種類と発生程度など）を把握し（できるだけ写真も含めて記録として残しておくことが大切）、次作以降における防除対策の立案に役立てることが重要である。今回の現地生産者圃場において5月から10月までの作付けでは、作期や年次の変動はあるものの、主に細菌性の腐敗病（病原菌：*Pseudomonas cichorii*によるものが主）、軟腐病（病原菌：*Pectobacterium carotovorum*）、斑点細菌病（病原菌：*Xanthomonas campestris* pv. *vitians*）や、糸状菌性のすそ枯病（*Rhizoctonia solani* AG1-1Bによるものが主）などの発生が確認された。これらはいずれも前作の罹病残渣と共にすき込まれ、土壌に残りやすい土壌伝染性の病原菌によるものであるため特に注意が必要で、病害毎に有効な防除対策は異なる（図5）。



*灰色かび病、菌核病等の病害は結球後期に発生が増加するので適期収穫を心がけます。

図5 主要な病害の防除対策（有機栽培マニュアル p11 より引用）

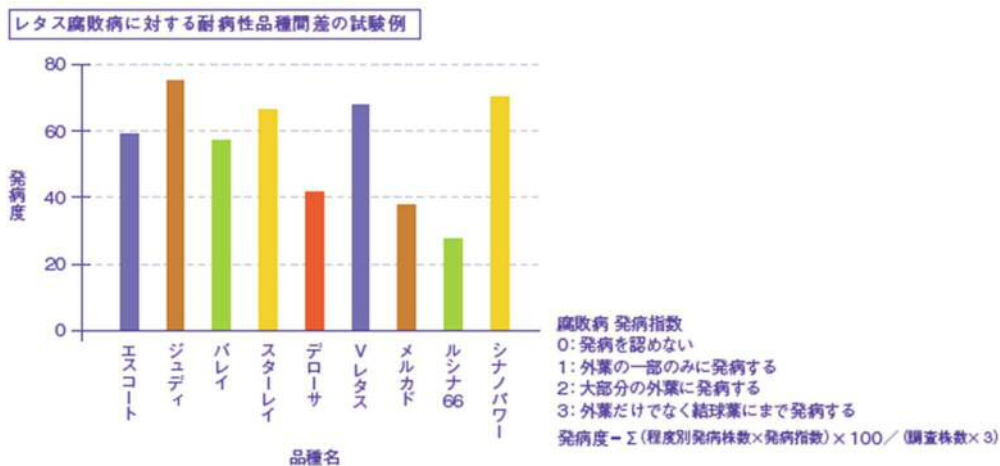


図6 レタス腐敗病に対するレタス品種間の感受性差異（有機栽培マニュアル p11 より引用）

腐敗病に対してはレタスの品種間で感受性の違いがあり、その他の生育特性も考慮に入れながら、既発生圃場では感受性の低い品種を選択することが基幹的な防除対策の1つとなる（図6）。また、腐敗病や軟腐病に対しては微生物農薬の登録があり、大きな被害が懸念される場合には各種薬剤の予防散布が補完的な病害対策として挙げられる。

すそ枯病については、発病程度に対する輪作の影響を調査したところ、春作でマリーゴールドやニンジン栽培した輪作区では、レタス連作区に比べて2か年とも明らかに秋作レタスの発病度は低く、エンバクや葉ネギでも一定の発病度の低減効果が認められた（図7）。一方、単年度の結果ではあるが、平成28年にカラシナやエダマメを栽培した輪作区ではレタス連作区と同程度の発病度を示したが、翌年カラシナの代わりにハウレンソウ、またはエダマメの代わりにスイートコーンを栽培した輪作区では、レタス連作区よりも発病度が低い水準となった。また、ポット試験により、本病菌に対する野菜や緑肥作物の感受性差異を調査したところ、レタス類は全般に感受性が高く（発病しやすく）、次いで緑肥用からしなを含むアブラナ科作物も全般に感受性の高い傾向が認められた（図8）。一方、ネギ、エンバク、スイートコーンは感受性が低い（発病しにくい）ことから、圃場における輪作試験の結果と合わせて考えると、前作作物における発病程度、すなわち病原菌の増殖程度が秋作のレタス栽培時における本病の発生に影響しているものと推察された。

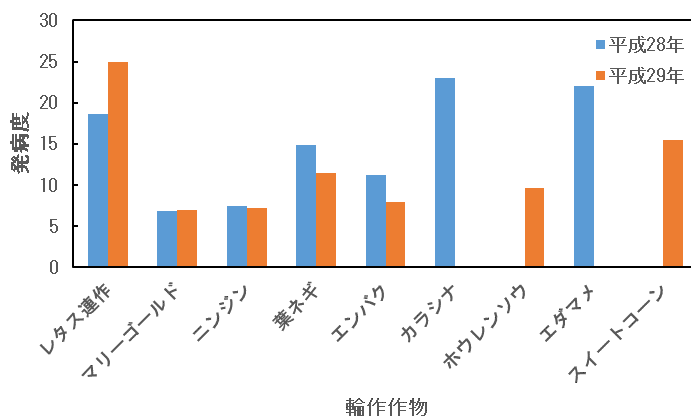


図7 輪作によるレタスすそ枯病の発病に及ぼす影響

春作に各種輪作作物を栽培して、秋作に全区でレタスを栽培し、レタスすそ枯病の発生状況を調査。なお、カラシナ、エダマメは平成28年のみ、平成29年はカラシナ区にハウレンソウ、またはエダマメ区にスイートコーンを輪作作物として栽培。（技術資料集 p2-6～2-7 の表 2-3、2-4 を改変）

本病菌に対する作物間の感受性差異		
	感受性低い(発病しにくい)	感受性高い(発病しやすい)
苗定植	ネギ/トマト/ピーマン/シシトウ	レタス/アブラナ科作物/ナス
直播き	スイートコーン/エンバク/ネギ	コマツナ/ミズナ/緑肥用からしな/インゲン

本病菌の接種試験の結果より、感受性の高いものと低いものに分類しました。各作物の品種間では本病菌に対して反応の違いも考えられます。

図8 レタスすそ枯病菌に対する作物間の感受性差異（有機栽培マニュアル p14 より引用）

調査対象とした現地有機栽培圃場においても、同一圃場でのレタス作付けは年1作で、ブロッコリー、ニンジン、ハウレンソウなどとの輪作が行われている。輪作の基本は“他科作物を栽培体系に組み入れること”である。しかし、すそ枯病菌は多犯性の病原菌であるためキク科のレタス以外の作物であっても本病菌に対して感受性の高い作物があり、発病に至ることもある。そのため、過去に本病の多発した圃場においては、レタス栽培を年1作とし、生育特性や後作レタス

との相性、経済性などを考慮して適切な作物を選定して輪作体系に組み入れることが重要と考えられる。また、本病の発病程度は苗の植付深さによっても影響されるため、圃場の水分条件や本病の発生履歴などを勘案し、過度に深植えしすぎないことも被害軽減に繋がると考えられる（図9）。

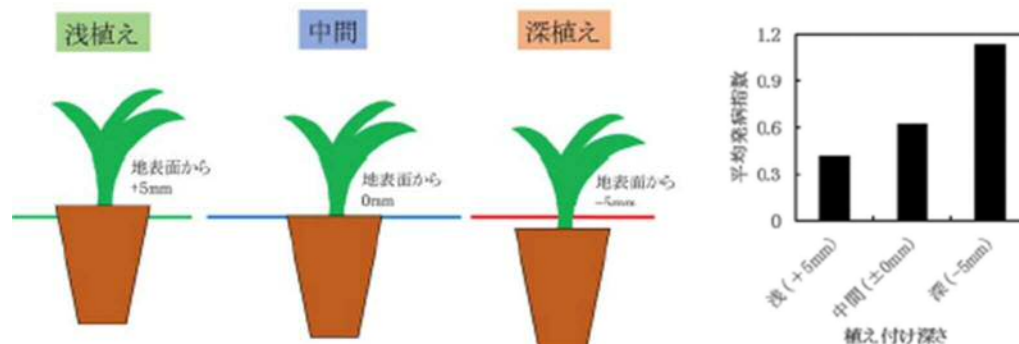


図9 レタスの苗の植え付け深さとすそ枯病発病程度の関係（技術資料集 p2-36 より引用）

5. おわりに

高冷地においてレタスの有機栽培は、不織布の“じかがけ”や“浮きがけ”による虫害対策、品種選定や輪作による病害対策などを適切に組み合わせた栽培技術の上に成り立っていることが明らかとなった。また、今回は紹介できなかったが、鶏ふんを主体とした施肥を長年行うことによる土壌中のリン酸やカリ過剰の実態、発酵鶏ふんや代替の有機質肥料の使い方のポイントについても有機栽培マニュアルや技術資料集に取りまとめたのでご参照いただきたい。

レタスは有機栽培において比較的多く取り組まれている品目の1つであり、今回検証対象とした高冷地の露地栽培ばかりではなく、秋から春にかけては標高の低い地域でもトンネルやビニールハウスなどを利用した栽培が行われている。そのため、問題となる病害虫の種類や有機質肥料の肥効等の違う場合があり、栽培地域の実情に合わせて病害虫対策や施肥・土壌管理などについても検討する必要がある。

今回の研究プロジェクトでは現地栽培圃場における有機レタス栽培の実態把握からスタートし、病害虫発生状況の調査や現地試験、資料の取りまとめに際しては生産者や実需者、プロジェクト関係者のご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。また、生産者や実需者の声が我々研究者の原動力になっているという一面もあり、今後も現場の声に耳を傾けながら有機野菜栽培の安定生産技術開発に向けて取り組んでいきたい。

参考文献

- 有機栽培マニュアル (http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/080900.html)
- 委託プロジェクト 有機農業を特徴付ける客観的指標の開発と安定生産技術の開発 技術資料集 (http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/081481.html)
- 清水時哉ら (2017) 高冷地有機栽培レタスにおける病害の発生動向とその対策. 関東東山病虫研報 64: 41-46.
- 山内智史・窪田昌春 (2016) *Pythium aphanidermatum* によるレタス立枯病 (病原追加) とその発生への気温の影響. 関東東山病虫研報 63: 25-28.

施設ホウレンソウ作の 生物的土壤消毒について

竹原 利明

(国研) 農研機構 西日本農業研究センター

1. はじめに

作物の土壤伝染性病害（土壤病害）の防除にはクロルピクリン剤等の土壤くん蒸剤が多用されてきたが、有機農業において使用できる土壤消毒法の確立が望まれている。演者らは、アブラナ科植物等のすき込みと土壤還元消毒を組み合わせた「生物的土壤消毒」によって、フザリウム菌によるホウレンソウ萎凋病（いちょうびょう）の防除を目指して研究を実施してきたので、その一端をご紹介します。

2. 「生物的土壤消毒」の概念

演者は、土壤病害の防除法として、2008年に「生物的土壤消毒」という言葉を提案した（竹原,2008a ; 2008b）。これは、オランダの研究者が提唱した後述の“Biological Soil Disinfestation”（Goudら,2004）という英名から拝借したものであるが、演者は以下に述べるバイオフィューミゲーション（Biofumigation）や土壤還元消毒等を含め、作物栽培前に生物的プロセスを含む作用機構によって、土壤病原菌の密度や活性を低下させる手法という広い意味で用いていることとしている（図1、図2）。

すなわち、土壤消毒剤による化学的土壤消毒や、熱などによる物理的土壤消毒に対峙する、土壤消毒法の一分類のとしての概念である。これが狭義のBiological Soil Disinfestationの日本語訳と紛らわしく、また、土壤病害の耕種的防除法の中には、本消毒法と明確な境界線を引くことが難しい技術もあるが、生物の力を活かした土壤消毒法という一般的な意味でご理解いただきたい。

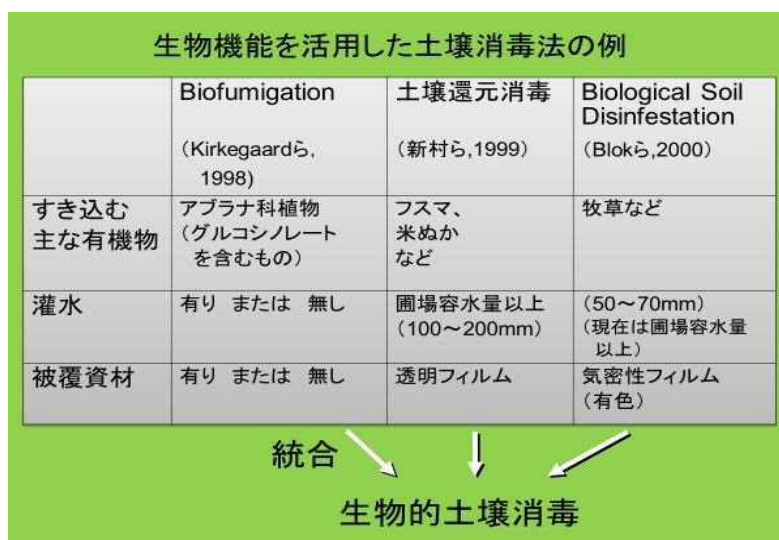


図1 生物的土壤消毒の概念(1)

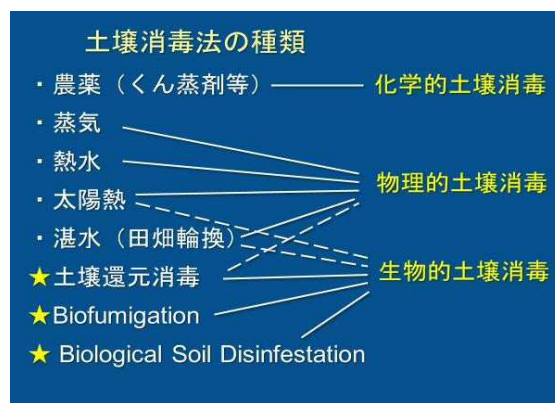


図2 生物的土壤消毒の概念(2)

3. バイオフィューミゲーション (Biofumigation)

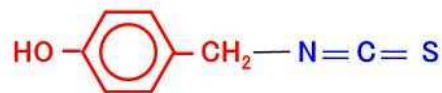
アブラナ科植物を輪作したり土壌にすき込んだりすると、後作の土壌病害等が軽減される現象が以前から知られており（國安,1989）、この現象（防除技術）は、1994年頃からバイオフィューミゲーション（Biofumigation：生物的くん蒸）と呼ばれるようになった（Angus, et al.,1994）。その作用機構としては、アブラナ科植物の茎葉・根・種子に含まれるグルコシノレート（glucosinolate：カラシ油配糖体）が土壌中で加水分解されて生じるイソチオシアネート類（揮発性の殺生物性物質）（図3）とその他の硫黄関連化合物が、土壌中の有害生物の密度低下や活性低下に寄与しているという見方が一般的であるが、実際の圃場におけるバイオフィューミゲーションの作用機構や有効な処理条件等は、未だ十分には解明されていない。すき込み植物の持つ抗菌性の強弱が必ずしも土壌消毒効果の高低に直接結びつくわけではなく（Vervoort et al.,2014）、グルコシノレートが関与するメカニズムとそれ以外のメカニズムに分けて考える必要がある（Motisi et al.,2009; Kirkegaard,2009）。処理後に形成された土壌微生物相が効果をもたらすとの報告もある（Mazzola et al.,2015）。

バイオフィューミゲーションについては、欧米で研究が盛んであり、これまでに国際バイオフィューミゲーションシンポジウム（International Biofumigation Symposium）が6回開かれ（第1回2004年イタリア、第2回2006年米国、第3回2008年オーストラリア、第4回2011年カナダ、第5回2014年イギリス、第6回2016年南アフリカ）、演者はこのうち第2回、第3回、第5回、第6回に出席した。バイオフィューミゲーションは土壌くん蒸剤ほどの消毒効果は認められないが、環境保全や安全性の観点からくん蒸剤の使用に対する規制が世界的に強まっている状況の中で、注目されている技術である（竹原,2016）。



アリルイソチオシアネート

↑ カラシナ (*Brassica juncea*) など



パラヒドロキシベンジルイソチオシアネート

↑ シロガラシ (*Sinapis alba*) など

図3 アブラナ科植物から生じるイソチオシアネートの例

4. 土壌還元消毒 (Reductive Soil Disinfestation)

土壌還元消毒（新村,2000）は、土壌にフスマ等の易分解性有機物を混和し、圃場容水量以上に灌水し、土壌表面を透明フィルムで被覆し土壌を強制的に還元状態とすることにより、一般の太陽熱消毒よりも低い温度で土壌病原菌を死滅させることが可能な手法であり、近年わが国で多くの土壌病害に対し適用が試みられている（竹内,2004；渡辺・田畑,2004；久保・片瀬,2007；門馬,2017）。この原理としては、還元状態での微生物活動により生成される酢酸や酪酸などの抗菌性物質などが関与しているとされ（久保・片瀬,2007）、偏性嫌気性細菌のクロストリジウム（*Clostridium*）属菌や（門馬ら,2007; Momma,2008）、 Fe^{2+} などの金属イオンの関与も示されているが（Momma, et al., 2011）、全容は解明されていない。土壌還元消毒にはさまざまな易分解性有機物を使える可能性があり（現代農業編集部, 2007）、地域で産出される未利用有機物を使った土壌還元消毒は、資源循環型農業への貢献も期待される。

5. Biological Soil Disinfestation

“Biological Soil Disinfestation”（略してBSD）（Goud, et al., 2004）は、牧草などの新鮮有機物をすき込んで気密性の高いシートで被覆し還元状態にする土壌消毒法（Blokら, 2000）としてオランダの研究者が提唱したものである。土壌還元消毒とよく似ているが、気密性のシートで酸

素の流入を防ぐことによって還元状態を維持することを主眼にしている点で異なる。当初の論文では灌水量がそれほど多くない（圃場容水量まで達しない）ようであったが、最近は圃場容水量まで灌水するとしている。近年は土壤還元消毒と BSD を合わせた形で Anaerobic Soil Disinfestation (ASD) (嫌氣的土壤消毒) と呼ばれることが増えてきた (Shennan et al.,2007; 2018 ; 村本,2015 ; 門馬,2017)。

6. 施設ハウレンソウ作での生物的土壤消毒

演者らは、バイオフィューミゲーションの効果の向上を目指す過程で、フザリウム病菌等に対する抗菌活性の高いカラシナ (*Brassica juncea*) を主に用い、また、エンバクや他の緑肥作物等も用いて、土壤還元消毒や太陽熱消毒 (児玉・福井,1979 ; 児玉ら,1979) を組み合わせた研究を行ってきた。以下にそれらを紹介する。いずれも植物のすき込み (混和) 後に灌水してポリフィルムなどで土壤表面を被覆または密封した試験である。

(1) カラシナやエンバクのすき込みの防除効果 (プランター試験)

カラシナ混和時の土壤水分含量がハウレンソウ萎凋病の防除効果に及ぼす影響を小規模なプランターを用いた試験で検討したところ、混和時の土壤水分含量が飽和条件の場合にハウレンソウ萎凋病の防除効果が高く、持続性もあった (前川,2011)。また、カラシナやエンバクのすき込み・灌水・密封処理は、有機物として米ぬかを用いた土壤還元消毒と同程度のハウレンソウ萎凋病防除効果があった (吉田ら,2011)。

(2) 処理土壤中の微生物変化

カラシナ、エンバク野生種 (*Avena strigosa*)、フスマ等の植物バイオマス混和した密閉容器内のモデル土壤で、還元状態とした土壤試料中の細菌群集構造を PCR-DGGE 法やクローンライブラリー法を用いて解析した結果、バイオマス混和土壤中ではいずれも、偏性嫌気性細菌である Clostridia 綱関連細菌 (クロストリジウム菌など) の系統が圧倒的に優占し、群集内の種構成は混和したバイオマスの違いにより大きく異なっていた。処理土壤から分離した嫌気性細菌のほとんどが Clostridia 綱に配属され、酢酸、酪酸、ブタノール等を生成した (Mowlick et al.,2012; 2013a、竹原ら,2014)。また、分離されたクロストリジウム菌の中には、病原フザリウム菌の細胞壁を分解する能力を持つものがあり、土壤消毒作用への関与が示唆された (Ueki, et al.,2017 ; 2018 ; 竹原ら,2018)。

(3) ハウレンソウ萎凋病に対する圃場試験

エンバク野生種、カラシナまたはブロッコリー残渣をすき込み、最大容水量に灌水後被覆密封処理したところ、ハウレンソウ萎凋病に対してフスマを利用した土壤還元消毒と同様の防除効果があった (安川ら,2012 ; Mowlick et al.,2013b)。ハウレンソウ生産者の現地圃場で、ビニールハウス内で栽培したカラシナをすき込み後、多量灌水により土壤を還元状態にした場合の萎凋病防除効果について検討したところ、太陽熱処理の単独よりも効果が高く (伊藤ら,2014)、7月の高温時処理では透明フィルムの1重被覆で防除効果があり、梅雨時期の低温時では2重被覆により地温を上昇させることで防除効果が向上した (前川,2011)。

(4) 細断同時すき込み機の開発

ハウス内における生物的土壤消毒の有機質資材としてカラシナ植物体を用いる場合、通例刈払機やフレールモアでカラシナを切断 (細断) した後にロータリーですき込むが、刈払機は労力・時間がかかる上に細断程度が不十分であり、フレールモアでは、細断して地表に置かれたカラシナから、すき込み前に揮発性抗菌物質 (主にアリルイソチオシアネート) が揮散し、効果の低下とともに作業者の目などに対する刺激の不安がある。そこで、植物を細断しながら同時にすき込むことのできる小型管理機を試作した (図4) (竹原ら,2017)。

細断と同時にすき込むことにより、すき込み前のカラシナからのアリルイソチオシアネートの

揮散が抑制できることを確認した。これにより、作業者の目などに対するイソチシアネートの刺激も軽減することができると考えられた。また、本機は、ソルガム、ギニアグラスなどの夏季に生育が良好な緑肥作物にも適用できる（植物の背丈は 1.5m 程度まで）。



刈り幅 40cm、6 馬力のもの

刈り幅 65cm、10 馬力のもの

図 4 試作した、植物の細断同時すき込み機

さらに、開発機の普及に向けた他の用途（除草機）として、雑草を本機で細断同時すき込みした場合、根も切断するため、他の草刈機（フレールモアや芝刈機）と比較して雑草の再生を遅らせることができることを見出した。

この機械を用いた、ハウレンソウ萎凋病防除のための作業手順を以下の通り提案する。カラシナ (*Brassica juncea*) 等の植物をハウス内で約 1 か月半栽培し（目安は地上部生重 3~5kg/m² 程度）、その場で本機を用いてすき込む（すき込み深度が不十分な場合は通常の耕耘機で再度耕耘する）。圃場容水量以上に灌水した後、ガス低透過性フィルムで土壌表面を被覆しハウスを閉め切る。2~4 週間後に被覆を除去し、土壌表面を浅く耕起した後にハウレンソウを播種する。

また、除草機としての利用では、野菜類の畝間に生じた雑草を防除したり、市民農園などの小規模農地の雑草発生箇所を手軽に耕起・畑地化するなどの利用が考えられる。

本機（マメトラ農機（株）製）に興味のある方は下記までご連絡いただきたい。

農研機構 西日本農業研究センター（広島県福山市） 竹原利明

電子メール: toshi あっと affrc.go.jp（「あっと」は@に要変換） 電話： 084-923-4105

(5) ダイコン残渣の利用

選果場から廃棄されるダイコンをすき込み資材として使い、粉碎したダイコン残渣 20 t/10a をすき込み、十分量の灌水後 3 週間の密封処理を行ったところ、ハウレンソウ萎凋病の発生を顕著に抑制した（井上ら,2011 ; Mowlick et al. ,2014 ; 吉岡・井上,2018）。

(6) 実際の作業手順

消毒作業の実際の手順について、以下に概略を述べる（図 5）。詳しくは、プロジェクトの成果をとりまとめた、「有機農業 実践の手引き」第 4 章（竹原ら,2013）、委託プロジェクト 有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発 技術資料集（後藤ら,2018）、および有機農

業の栽培マニュアル（第2版）（農研機構中央農業研究センター、2018）を参照いただきたい。

1) カラシナの栽培とすき込み

カラシナはなるべく温度の高い（消毒効果の高い）夏季にすき込むのがよいが、暑い時季にはカラシナが育ちにくいいため、4月から5月に播種する。土壌消毒後のハウレンソウの作付けを考慮し、逆算してカラシナの播種日を決める（カラシナの栽培期間は1か月半程度、すき込み後の消毒期間は3~4週間である）。

カラシナは1 m²あたり1g程度の種子を、筋蒔き、もしくはばら蒔きにする。カラシナはハウレンソウに比べて水分を多く必要とするため、栽培中は乾燥に留意し、週1回の散水を目処に、萎れないように栽培する。ハウスの入り口やサイドには防虫ネットを張り、鱗翅目害虫やカブラハバチなどの侵入を防ぐ。カラシナは花が咲き始めた時期が最も多く辛み成分（グルコシノレート）を含むので、この時期を狙ってすき込む。種ができ始めると茎が細く、堅くなるので、花が盛りを過ぎる場合には、すき込みを早めに行う。カラシナのすき込みには、フレールモアによる破碎後にロータリーで耕耘する方法、ロータリーを使ってすき込みと耕耘を同時に行う方法など



1 カラシナ播種2週間後の様子



2 すき込み直前のカラシナの様子
(ヒトの腰から肩くらいの高さ)



3 カラシナを細断後のロータリーによる
すき込みの様子



4 ダブダブになるまで(圃場容量以上)に
灌水



5 被覆中の様子
(被覆資材は地面にしっかり貼り付くように)



6 ホウレンソウ播種



カラシナの茎葉を鋤き込んで多量に水をまき、
透明フィルムで3週間被覆処理した区
ホウレンソウが元気に生育しています。



無処理区
ホウレンソウはほとんど枯れ、雑草のみ生育しています。

図5 カラシナのすき込みによる生物的土壌消毒の手順と効果

がある。前述の、すき込みに特化した機械（細断同時すき込み機）の開発も進んでいる。すき込み後は次作分の施肥を行ない、畝を立て、消毒処理後に土を動かさずに播種できるようにしておく。

すき込み資材として、カラシナの代わりに同じくアブラナ科のダイコン残渣（ダイコン産地の選果場から出る残渣）を用いる場合は、残渣の入手可能な時期に合わせて消毒時期をずらす。ダイコン残渣は、15～20 t/10a をすき込む。ハウス周辺にコンパネ等を用いて枠を作ってダイコン残渣を入れ、自給式マニュアルスプレッドを用いると積み込みと散布がしやすい。すき込み時はロータリーを高速回転させ、低速で耕耘する。

2) 散水と被覆

散水は、通常の土壌還元消毒と同等量が必要である。圃場全体がしっかりと水を含み、低い部分に水たまりができる程度に行う。水分量が不足していると病害防除効果が低くなる。

被覆は、透明なフィルムで圃場全体をしっかりと覆う。周辺部は重しをするなどして、外気と遮断する。ポリチューブに水を入れて周囲に置くと、圃場の凸凹に沿いやすいので密閉度が上がる。被覆資材には、ガスバリア性フィルムの使用が最適だが、ビニールハウスの廃材を用いる場合には、穴をふさぎ、継ぎ目にも押さえをするなどの処置を行って通気を防ぐ。被覆期間は3週間から4週間である。ハウスの側窓、扉部分も閉め切ることで温度が上がり、消毒効果が高くなる。

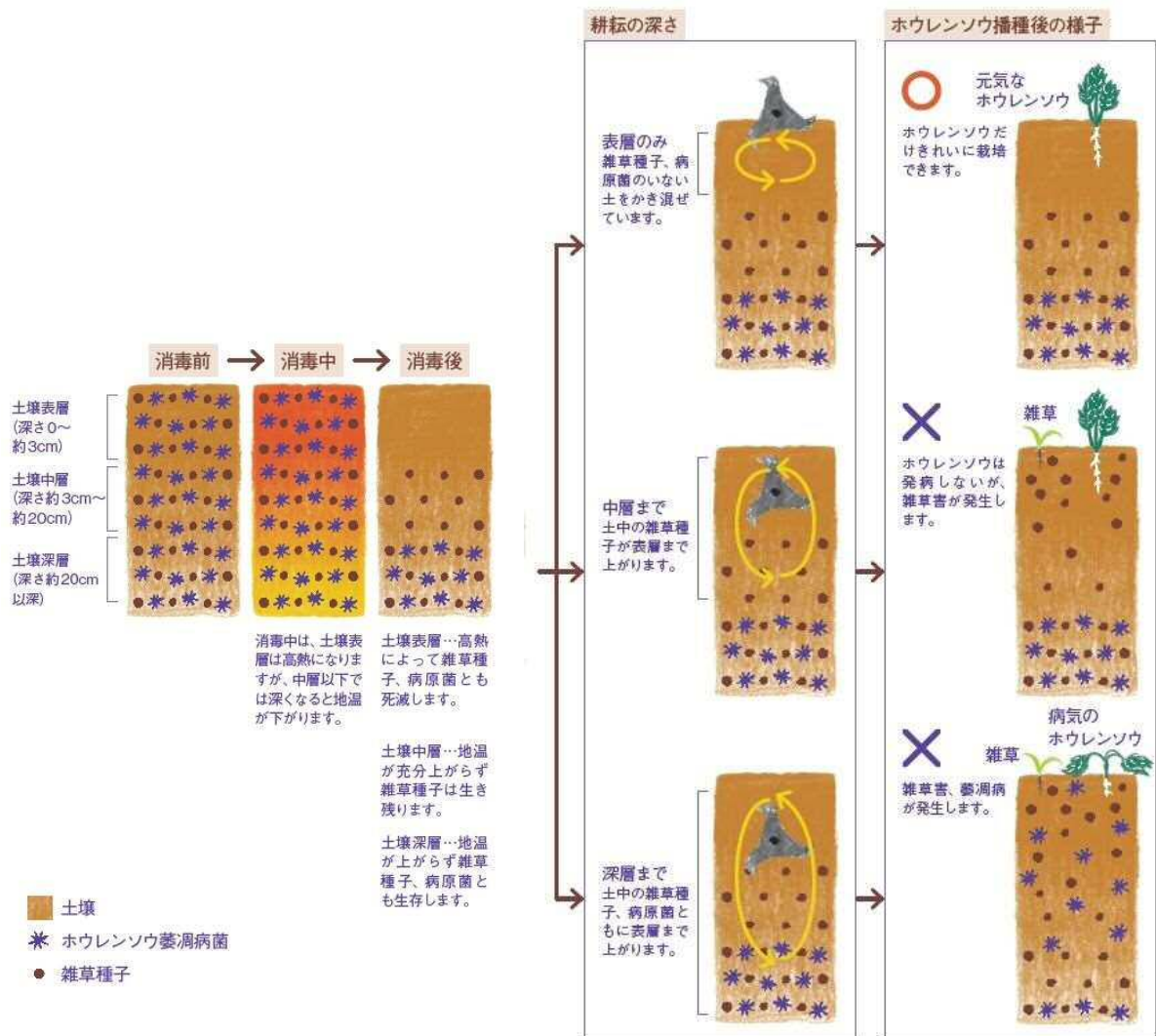


図6 土壌消毒後の耕耘の深さと病害・雑草害の発生の関係

3) 被覆の除去

被覆資材の除去時は、資材と土が濡れているため重くなっている。はぎ取る際には、可能であれば複数人で行うほうがよい。また、ガスバリア性フィルムの中には通常の農業用ビニールより軽いものもあり、それを使うと除去の際の労力が軽減できる。

4) 消毒後の耕起とハウレンソウ播種時の注意点

被覆を除去した直後は水分が多いので播種作業には向かない。砂地では当日でも作業可能だが、低地土では 2~3 日そのまま乾かし、作業しやすい状態になってから播種作業を行う。栽培土壌の物理性によっては播種前に畝表面の土を細かく砕く必要があるが、スベリヒユ、イヌビユ等の夏雑草の種子はハウレンソウ萎凋病菌と比べて耐熱性が高く、土壌の深部では種子が生き残っている。そのため、雑草の多い畑では、消毒後に土を動かさないように留意する。畝表面を耕起する場合、深く耕起すると深層で生存している種子が畝表面に出て雑草害を発生させるので、土壌の耕起は、地下約 3cm までの表層に留める（図 6）。

5) 防除効果について

防除効果の一例として、発病のひどい圃場で、4 月中下旬にカラシナ（学名 *Brassica juncea*、品種 黄からし菜）播種、6 月中下旬すき込み、被覆 3 週間、7 月上中旬にハウレンソウ播種のスケジュールでの試験を行った 1 作目では、無処理区の発病株率 97.0%に対し、カラシナすき込み区では 9.4%であり、単純太陽熱消毒区 26.3%、石灰窒素加用太陽熱消毒区 17.5%に比べても優れた防除効果を示した。無処理区の発病株率やすき込みの時期によっては、通常の太陽熱消毒区と比較して効果の差が無い場合もある。また、カラシナをすき込んでも被覆しないと効果はほとんどない。

7. おわりに

生物的土壌消毒の研究に当たって、今後メカニズムの解明と併せて必要なのは、どの作物のどの病害虫に、どんな植物や有機物をいづれくらいすき込んで処理をすれば効果的に防除できるか、という実践例を積み重ねて一般化していくことである。まだ未解明の部分が多いため技術の確立が難しい反面、研究のしがいがある分野である。究極的には、すき込む有機物として、作物残渣や食品残渣、搾油残渣、雑草のような、通常なら捨てられるものを用いるのが目標と言えるだろう。各地域で利用可能な有機物を見出して活用することで、環境負荷の少ない持続型農業の構築が期待される。

なお本稿を、バングラデシュから山形大学に留学して土壌還元消毒における嫌気性細菌の動態についての多くの成果を上げられた、共同研究者の故 Subrata Mowlick 博士に謹んで捧げる。

謝辞

本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト「地域内資源を循環利用する省資源型農業確立のための研究開発」（省資源プロ、2009~2010 年度）、「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」（気候変動プロ、2011~2012 年度）、「収益力向上のための研究開発（有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発）」、および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 27016C「中山間の未利用有機性資源を活用した 人にも環境にもやさしい土壌消毒技術の実用化」の中で行った。

参考文献

- 1) Angus, J. F., et al. (1994) : Plant and Soil 162:107-112.
- 2) Blok, W.J., et al. (2000) : Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. Phytopathology 90:253-259.

- 3) 現代農業編集部（2007）. 土壌還元消毒に使えるような有機物. 現代農業 2007年10月号：225-227.
- 4) 後藤千枝ら（2018）：委託プロジェクト 有機農業を特徴づける客観的指標の開発と安定生産技術の開発 技術資料集. 農研機構中央農研. pp.3-1～3-17.
- 5) Goud, J.C. et al.（2004）：Plant Dis. 88:688-694.
- 6) 本田善之・岩本哲弥（2016）. 第21回農林害虫防除研究会・山梨大会（講要）. ホウレンソウケナガコナダニの増殖源となる藻類の抑制方法.
- 7) 本田善之（2018）：第62回日本応用動物昆虫学会大会（講要）. 防草シートとカーバムナトリウム塩液剤によるホウレンソウケナガコナダニの抑制効果.
- 8) 井上 興ら（2011）：日植病報 77:176（講要）.
- 9) 石岡 徹ら（2014）：日本土壌肥料学雑誌 85:341-348.
- 10) 伊藤陽子ら（2014）：日植病報 80:54（講要）.
- 11) Kirkegaard, J.A.（2009）：In: Disease control in crops: biological and environmentally friendly approaches（Ed D. Walters）. Wiley-Blackwell Oxford: 172-195.
- 12) 児玉孝司・福井俊男（1979）：奈良県農試研報 10：71-82.
- 13) 児玉孝司ら（1979）：奈良県農試研報 10：83-92.
- 14) 久保周子・片瀬 雅彦（2007）：土壌還元消毒の効果と普及. 植物防疫 61: 68-72.
- 15) 國安克人（1989）：農業および園芸 64: 955-959.
- 16) 前川和正（2011）：農業技術大系土壌施肥編 追録第22号, 第5-1巻, 農文協:畑 172の98-172の107.
- 17) Mazzola, M. et al.（2015）：Phytopathology 105:460-469.
- 18) 門馬法明ら（2007）：土壌還元消毒効果を示す Clostridium sp.の検出と還元土壌から発生する気体のトマト萎凋病菌および青枯病菌の抑制効果. 土と微生物 61:3-9.
- 19) Momma, N.（2008）：Biological soil disinfestation（BSD） of soilborne pathogens and its possible mechanisms. JARQ 42:7-12.
- 20) Momma, N. et al.（2011）：J. Gen. Plant Pathol. 77:331-335
- 21) 門馬法明（2017）：土と微生物 71（1）：24-28.
- 22) Motisi N. et al.（2009）：Plant Pathol. 58: 470-478.
- 23) Mowlick, S. et al.（2012）：Soil Science and Plant Nutrition 58: 273-287.
- 24) Mowlick, S. et al.（2013a）：Appl. Microbiol. Biotechnol. 97:8365-8379.
- 25) Mowlick, S. et al.（2013b）：Crop Protection 54: 185-193.
- 26) Mowlick, S. et al.（2014）：Crop Protection. 61:64-73.
- 27) 村本穰司（2015）：土と微生物 69:65-74.
- 28) 農研機構中央農業研究センター（2018）. 有機農業の栽培マニュアル（第2版）. p16-21. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/080900.html.
- 29) Papavizas, G.C.（1966）：Phytopathology 56:1071-1075.
- 30) Reddy, P.P.（2013）：Recent Advances in Crop Protection. Springer India: 37-60.
- 31) Shennan, C. et al.（2007）：Proceedings of 2007 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions: 40.1-40.4.
- 32) Shennan, C. et al.（2018）：Plant Pathology 67, 51-66
- 33) 新村昭憲（2000）：農業技術大系土壌施肥編5-①, 農文協:畑 212の6-212の9.
- 34) 竹原利明（2008a）：生物的土壌消毒による土壌病害の防除. 土壌伝染病談話会レポート 24:70-81.

- 35) 竹原利明 (2008b) : 有機農業研究者会議 2008 資料集:30-35.
- 36) 竹原利明 (2012) : 土壌伝染病談話会レポート 26:30-38.
- 37) 竹原利明ら (2013) : 有機農業実践の手引き : 46-77. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/narc/manual/046975.html.
- 38) 竹原利明ら (2014) : 近畿中国四国農業研究センター研究成果情報 (2013 年).
- 39) 竹原利明 (2016) : 植物防疫 70 : 530-534.
- 40) 竹原利明ら (2017) : 生物的土壌消毒における消毒資材植物の細断同時鋤き込み機の開発. 日植病報 83 : 213 (講要) .
- 41) 竹原利明ら (2017) : 植物の細断同時すき込み機を用いた土壌消毒等の作業の提案. 第 18 回日本有機農業学会大会資料:120 (講要).
- 42) 竹原利明ら (2018) : 西日本農業研究センター研究成果情報 (2017 年). 植物資材の細断同時すき込み機を用いた土壌還元消毒とその殺菌作用.
- 43) 竹内妙子 (2004) : 千葉県における土壌還元消毒法による土壌病害防除. 土壌伝染病談話会レポート 22:13-21.
- 44) Ueki, A. et al. (2017) : Appl. Microbiol. Biotechnol. 101:8267–8277. Degradation of the fungal cell wall by clostridial strains isolated from soil subjected to biological soil disinfection and biocontrol of Fusarium wilt disease of spinach.
- 45) Ueki, A. et al. (2018) : Appl. Microbiol. Biotechnol. 102:6309–6318. Role of anaerobic bacteria in biological soil disinfection for elimination of soil-borne plant pathogens in agriculture.
- 46) Vervoort, M.T.W. et al. (2014) : Soil Biol. Biochem. 68: 200-207.
- 47) 渡辺秀樹・田畑幸司 (2004) : 土壌還元消毒法による土壌病害虫防除の現場事例. 今月の農業 6 月号:21-26.
- 48) 安川人央ら (2012) : 奈良農総セ研報 43:11-16.
- 49) 吉田祐子ら (2011) : 園芸学研究 10 (別 2) : 499 (講要).
- 50) 吉岡陸人・井上興 (2018) : 土作りとエコ農業 50 (545) : 30-34. ダイコン残渣でのバイオフューミゲーションによるハウレンソウ萎凋病の防除.

本資料の複製、転載および引用は、必ず原著者の
了承を得た上で行ってください。

2018年10月23日発行
有機農業研究者会議 2018 資料集
「有機農業研究者会議 2018」実行委員会事務局
〒390-1401 長野県松本市波田 5632-1
Tel/FAX : 0263-92-6622
Email : office@yuki-hajimeru.net