



有機農業をはじめよう！

有機農業実践講座 落葉果樹 資料集

有機農業実践講座 落葉果樹

有機栽培はどこまで可能か

日時：2015年1月16日(金)13時から17日(土)12時30分

会場：甲州市勝沼ぶどうの丘 ホール(山梨県甲州市)
興隆園(丹澤 修、山梨県山梨市)
サントリー登美の丘ワイナリー(山梨県甲斐市)

主催：NPO 法人有機農業参入促進協議会

共催：東仲倶楽部

後援：山梨県、甲州市、やまなし有機農業連絡会議

有機農業実践講座～落葉果樹～ 開催にあたって

有機農業では、果樹栽培が最も難しいと言われています。そのなかでも、長年日本で栽培されてきたウメやカキなどは有機栽培の事例が比較的多くありますが、リンゴやナシ、ブドウ、モモなどの主力品目では、事例が極端に少ないのが現状です。これは、消費者の果物への嗜好が味や見栄えを重視し、安全性はそれらの次に位置づけられてきた経緯があるからです。

我が国の果樹栽培では、夏季の高温多湿期の対応は技術的にも困難を極め、また厄介な病害虫が発生した場合、それらに有効な対応策が化学合成農薬以外になかったことも事実です。しかし昨年度の講座で、土づくりを徹底することにより味の良さの実現と病害虫の最小限に抑えることは両立すること、そのことによって経営の安定や向上も実現できる方向が示されました。

今回もサブタイトルは「落葉果樹の有機栽培はどこまで可能か」です。昨年度の講座をもとに、土づくりの基礎となる作物と土壌微生物の関係について、我が国の最前線の研究を中心とした基調講演を設けました。今、国家プロジェクトとして植物と微生物の関係をチームで研究が進められており、4年目を迎えているそうです。このチームリーダーを務めている農研機構・北海道農業研究センターの池田成志氏を講師に招きました。有機農業を支える技術の柱、土壌微生物の生態や働きについて最新の研究を紹介いただけるものと期待しています。

基調講演に続くブドウ、モモ、リンゴなどの生産者の事例発表、その後のパネルディスカッションを通して、病害虫対策や土づくりの実践、あるいは加工、流通、経営などまで広げた意見交換によって、「有機栽培はどこまで可能か」の課題にせまれるよう計画しています。

興味のある方はどなたでも参加できる講座です。落葉果樹の生産者はもちろん、普及指導関係者や行政担当者、販売、流通、加工関係の方々も歓迎です。情報交流会も含め、活発な意見交換の場となることを期待しています。

最後に、開催にあたってご尽力いただいた関係者の皆様にこの場を借りてお礼を申し上げます。

平成 27 年 1 月 16 日
NPO 法人有機農業参入促進協議会
副代表理事 鶴田 志郎

目次

開催にあたって

プログラム	6
植物共生微生物と農業（池田 成志）	9
植物共生微生物と「土づくり」（池田 成志）	14
賢い農業のための「光生態学のすすめ」（池田 成志）	15
長野県中野市における減農薬モモ、リンゴ栽培（田中 久一）	19
山梨県甲州市における減農薬ブドウ・モモ栽培（高野 武仁）	21
風土と品種の個性を引き出すブドウ栽培 ～バイオダイナミック農法試験事例（吉野 弘道）	25
青森県藤崎町における有機 JAS リンゴ栽培（福田 秀貞）	27
山梨県山梨市におけるモモの慣行栽培から特別栽培、 そして有機栽培への可能性（丹澤 修）	29

参考資料

耕地生態系を支える構成要素と機能	35
耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本	47
果樹の有機栽培実施上の課題と対応策	62
有機農業相談窓口一覧	67
有機農業の研修受入先をご紹介します	69

プログラム

第1部 シンポジウム

於：甲州市勝沼ぶどうの丘 ホール

13:00 ~ 13:30	開会式 あいさつ	鶴田 志郎（有機農業参入促進協議会副代表理事）
		西野 孝氏 （山梨県農政部農業技術課 課長）
		田辺 篤氏（甲州市長）
		竹野 覚士氏（東仲倶楽部 会長）
13:30 ~ 15:00	基調講演 「植物共生微生物と農業」	池田 成志氏 （北海道農業研究センター）
15:00 ~ 15:10	休憩	
15:10 ~ 16:25	事例発表	田中 久一氏（長野県中野市、リンゴ・モモ）、高野 武仁氏（山梨県甲州市、ブドウ・モモ）、吉野 弘道氏（サントリーワインインターナショナル、ブドウ）、福田 秀貞氏（青森県藤崎町、リンゴ）、丹澤 修氏（山梨県山梨市、モモ）
16:25 ~ 17:20	パネルディスカッション	コーディネーター：鶴田 志郎 パネラー：事例発表者
17:20 ~ 17:30	閉会式	有機農業参入促進協議会

第2部 情報交流会

於：甲州市勝沼ぶどうの丘

18:00 ~ 20:00	情報交流会
---------------	-------

第3部 現地見学会

8:30	甲州市勝沼ぶどうの丘発
8:45 ~ 9:15	興隆園（丹澤 修、山梨県山梨市） 見学
10:00 ~ 11:30	サントリー登美の丘ワイナリー（山梨県甲斐市）見学と意見交換会
12:30	「甲州市勝沼ぶどうの丘」着解散

基調講演

池田成志（農研機構・北海道農業研究センター）

池田成志氏の専門は、植物共生科学、植物微生物学、分子微生物生態学。植物共生科学の視点から有用微生物の機能を自然からの恩恵として最大限に活用し、減農薬や減化学肥料を合理的に可能にするための技術開発や病害防除などのプロジェクトに携わっておられます。

基調講演では、有機農業の基本である土づくりについて、土壌微生物の生態や働きを踏まえ適切な栽培管理を行うことで、減農薬、減肥料栽培が可能であること、さらに農産物の品質向上につながることを、専門の立場から紹介していただきます。

講演を通して、有機農業では最も困難とされている落葉果樹栽培の可能性を共に考えるきっかけとなることを期待します。

植物共生微生物と農業

農研機構・北海道農業研究センター 池田成志

1. 緒言

植物共生科学の近年の進歩は著しく、それらの研究成果は従来の概念や方法論等に大きな影響を与え、植物を中心に考えられてきた農業（研究）のスタイルを今後大きく変える可能性がある。本稿では果樹における有機農業の可能性・将来性を意識しながら、最初に植物の共生微生物研究の歴史的経緯、共生微生物の生態学的意義等について簡単に解説する。続いて共生微生物研究における最近の重要なトピックスを紹介し、新知見からの慣行農業の再考と今後の（有機）農業研究についての展望を私見として示したい。

2. 有用微生物研究の経緯と現状

初期の農業微生物研究では、有用微生物の圃場への定着促進や微生物の有用機能の発現誘導を期待した、農業資材の圃場への投入等による土壌微生物相全体の改変等に重点を置いた研究が多くなされた。しかし、このような研究は微生物接種源の準備や資材投入量・コスト等の負担が大きいこと、効果が不安定なこと等の理由から実用化が困難であった。次に、土壌中での有用微生物の安定的な環境として根圏が注目され、根圏微生物群の中からの有用微生物の選抜が多数試みられた。残念ながら、このような研究においても圃場レベルでの微生物資材や微生物農薬等の実用化は容易ではなかった。以上のような失敗の歴史は、環境中には膨大な数の微生物が環境中に存在していることが明らかにされている現在の微生物学から考えれば当然の帰結である。即ち、農業微生物研究者が土壌や植物等から分離培養できた極僅かな微生物群の中から偶然にも素晴らしい有用微生物が選抜できるほど世の中は甘くはなかったのである。根圏微生物の活用にも失敗した農業微生物研究者達は、環境微生物との競合を避けて有用微生物の植物への確実な定着と機能発現が期待される微生物群として植物組織内に内生するエンドファイトの利用に注目した。果樹類における植物共生微生物の多様性や機能性に関する網羅的な研究例は大変少ないが、これは果樹栽培における共生微生物の重要性が小さいということではなく、栽培が容易で研究成果を早く出せる一年生作物が好まれているという研究者の事情によるものである。むしろ果樹のような栽培期間の長い植物の場合は、人間の一生の健康に大きな影響を与える腸内細菌のように、エンドファイトのような共生微生物の存在は我々研究者の想像以上に重要であると筆者は考えている。果樹類における共生微生物群集の多様性や機能性の解明は今後の重要課題である。

3. 植物共生の生態学的意義

現代微生物学では、乳酸菌等のヒト共生細菌が栄養分の吸収促進や生理活性物質の生産、様々な病気の発生の抑制等を通してヒトの健康維持に重要であることは既に広く知られている。アメリカでは Human Microbiome Project (HMP) と呼ばれるヒトに共生する微生物相の全容解明が国家プロジェクトとして進められ (<http://commonfund.nih.gov/hmp/>) であり、これまでに 600 種以上のヒト共生細菌

のゲノム解析や7000万配列以上の16S rRNA遺伝子の解析、それらに対応するメタゲノム解析等が進められ、これらのデータ解析からヒトや動物の健康維持における共生微生物の重要性の詳細が解明されつつある(Proctor, 2011)。

一方、植物共生微生物については、後述するような技術的な問題もありヒトの共生微生物のような網羅的な研究は非常に遅れているが、共生微生物の重要性自体は植物科学・農学においても広く認識され、主として農業利用を目的とした微生物資材や微生物農薬等の研究としては長い歴史がある。植物における共生微生物の存在意義を大きく要約すると以下の3点になる。1番目は、土壌からの養分吸収のための共生微生物の重要性である。数億年前に植物が水域から離れて乾燥した陸地に進出した時点では、植物が利用しやすい形の土壌は地球上には無かったと考えられており、陸生植物が土壌から養分を吸収するためには微生物との共生が必須だったと思われる

(Redecker et al., 2000)。2番目は、植物を健康にする機能である。共生微生物は酵素や植物ホルモン等の生理活性物質の生産を行い、植物の代謝制御を通じた生育促進や物理・化学的な各種ストレスの緩和等の有用機能を持っている(Kim et al., 2011)。3番目は、植物の病害を防除・軽減する機能である。このように微生物との共生は宿主生物に機能的多様性を付与することを意味する。

ヒトにおいても、欧米人の腸内には存在しない海藻を分解できる微生物群が日本人の腸内には共生していることが知られている。即ち、映画「X-MEN」のように、研究者の想像以上に多様な微生物との共生を通して多様な代謝能力やストレス耐性等のヒトの機能を実際に改変できる可能性がある(リアルX-MEN)。同様に、植物共生微生物群の多様性や機能性の解明は農業に有用な微生物の研究をするための基盤的情報として非常に重要である。特に、化学肥料や化学農薬に依存しない有機農業においては、圃場に存在する有用微生物群の機能が養分吸収や病害防除において重要な役割を果たしているであろうと予想される。さらに、果樹類は一年生作物に比べて栽培が長期にわたり、肥料や農薬の効果的な利用も難しいため、有用微生物との共生の有無が収獲物の生産性や品質に大きな影響を与えるであろうということは容易に想像される。

4. 有用微生物の機能解析

共生微生物群が持つ有用機能については詳しく調べられている。主要な有用機能としては、第一に、植物の窒素、リン酸そして鉄等の養分吸収促進に関わる機能がある。第二に、細胞の伸長・分裂やストレス軽減に関与する植物ホルモンの制御を通じた生育促進機能がある。第三に、病原菌のしているを抑制する、植物の持つ抵抗性を強化する機能がある。これらに加えて、近年の植物共生細菌の遺伝子解析により根圏等に生息する植物共生細菌がフィトクロム等の光受容体を持っていることが明らかにされた。このような事実は、共生微生物と植物が相互作用する根圏のような「土壌中にも光の世界が存在する」のではないかというような推察も可能とする。

このようなことを言うと、筆者の頭がおかしいのかと思われるかもしれないが、実は植物の茎が光ファイバーになっており、葉で受けた光が根の先端にまで到達しているという研究が国内外で報告されている。さらに、植物の根にも動物の目に対応する光受容体タンパク質が存在することも報告されており、土壌中の光環境の重要性を示唆している。以上のような知見から、光る根に集まる土壌微生物というような世界もあってもおかしくはないというのが筆者の見解である。土壌中の光環境というものを想定すれば、不耕起栽培は地表を有機物で覆い土壌への光を遮蔽する栽培法というよ

うな見方も可能なように思われる。さらに、果樹栽培で株元に炭を散布する生産者も存在する。炭の表面施用が地表面の落ち葉や枯れ枝のような堆積物の代わりとなり、土壌表面の光環境を制御して根や土壌微生物の機能を制御するという可能性も考えられる。以上のように農業（研究）には未だ検討されていない、従来からのボトムアップ型研究では想像し難い新しい概念へのブレークスルーをもたらす余地が非常に大きく残されていると考えるべきである。想像をたくましくすれば、ひょっとすると、炭を土壌表面に散布しただけでモグラやネズミ、ミミズのような動物の土壌中での動きも大きく変わるかもしれない。

5. 植物の有用微生物制御系

近年の植物共生科学の中で最も特筆すべき発見は、植物は有用微生物群と相互作用するための特別な微生物制御システムを持つことが解明されたことである。しかも、この制御系は地上部組織が地下の根における有用微生物の感染を制御していること、植物による土壌の窒素濃度のセンシング系とリンクしていることが明らかにされた。即ち、植物は過剰な施肥などを感知すると、情報が上述の微生物制御系に入力され、有用微生物の感染が抑制されることが判明した。さらに筆者らの研究により、それらの影響は根圏などの地下組織だけではなく、葉や茎、果実等の地上部組織の共生系全体にも大きな影響を与え得ることが明らかにされた。これらの結果から、植物と病原微生物との相互作用も過剰施肥の影響を受ける可能性があることは容易に想像される。化学農薬を使わない有機農業では、有用微生物との共生を阻害する過剰施肥を避け、低投入を基本にした土づくりが重要なことを示しているように思われる。特に、果樹類では組織の深部まで農薬を効果的に浸透させることは困難であり、共生微生物の存在は一年生作物とは比較にならないくらい病害防除や軽減において重要であると思われることから、果樹園の施肥管理は一年生作物以上に重要であり、注意を払うべきだと思われる。

6. 農業微生物研究における光環境の重要性

根粒菌と植物の共生において光の質が重要であることが最近報告され、光環境が共生微生物に強い影響を与えることが明らかにされた。即ち、マメ科作物は光受容体であるフィトクロム B（動物の目に相当する蛋白質）を通して日向の光（R/FR（赤色/遠赤色）比が高い光）を受けると、ジャスモン酸の生合成系の活性化を通して根粒菌との共生を促進する。逆に、他の植物の葉の下に位置することで日陰の光（R/FR 比が低い光）を受けると、マメ科作物は根粒菌の共生を拒否し、代わりに植物の細胞分裂や細胞伸長を促進する植物ホルモンが生合成され、結果として R/FR 比の高い日向の光を求めて植物が背伸びをする（徒長する）。

この R/FR 比は重要な環境情報として、フィトクロム B を通して作物の形態や色、多くの病虫害抵抗反応、農産物の品質等に大きな影響を与えることが知られており、農業の重要な「ツボ」の一つのように思われる。また、上述のような知見は、農業現場において植物や微生物の有用機能を十分に引き出すためには、現在の慣行栽培ではあまり注意を払われなくなった畝の方向や株間の距離等についても丁寧に検討して適正な光環境を確保する必要があることを示唆している。実際に、関東地域の有機稲作では慣行栽培よりも株間を広く取る疎植が栽培技術として定着しており、好適な光環境によりイネや共生微生物が持つ有用機能を上手に使っているように思われる。さらに、

一年生作物における畝の方向に関する研究では、好適な栽培環境においては南北畝、不良な条件では東西畝において生産性や品質の向上が見られる傾向が報告されている。大変興味深いことに、一般に東西畝が南北畝よりも圃場の群落中の R/FR 比が高くなることが知られており、上記のような畝の方向に関する多くの研究結果は不良環境における光質の確保の重要性を示唆している。光の量だけではなく質が重要である点に注意が必要である。

上記のような R/FR 比に関するもうひとつの重要な生態学的な視点は夕日であると考えられる。一般的な人々の持つ夕日のイメージは水平性に沈む赤い日の丸であると思われるが、このイメージの中に2つの重要な情報がある。1つは、日中の太陽よりも赤い夕陽は、夜の訪れを知らせ、植物の夜間の代謝の方向を決める重要な情報になる。日没前に R/FR 比の高い光が当たると、夜間に光合成産物は果実や根部に積極的に利用される。一方、日没前に R/FR 比の低い光が当たると、光合成産物は茎葉のために利用されやすくなる。これらの知見は植物工場内における研究でも証明されている。野外においても、植物は横から来る光（朝陽・夕陽）を茎の光受容体を通して感知し、情報として活用することが報告されており、朝陽は生産性、夕陽は病虫害抵抗性や果菜類や根菜類の品質に大きな影響を与えると考えられている。以上のような知見から、農作物の種類により最適な光環境は異なってくるが、一般論としては農薬を使わない有機農業では夕陽が良くあたる環境が望ましいと思われる。光環境が微生物との共生にも大きな影響を与えることを考えると、本圃の光環境を変えることは困難でも、育苗段階だけでも好適な光環境が得られる場所を確保することは大変重要なように思われる。人の腸内細菌と同様に、生育初期に共生した微生物を栽培の途中で入れ替えることは大変困難である。所謂「苗半作」という言葉の重要性の中には無意識のうちに共生微生物の重要性も含まれていたのかもしれない。

野外において、空は明るい夕陽が直接見えないような立地条件は日没前に R/FR 比の低い光が当たる場所になると思われる。そのような場所では、畝の方向、栽植密度、より丁寧な病虫害管理等の工夫が望まれ、栽培作物の選定も葉茎野菜や牧草等を中心にするのが生態的には合理的であると考えられる。「適地適作」という言葉も農業では何気なくよく使われるが、朝陽・夕陽の有無は適地を決める非常に大きな環境要因であると筆者は考えている。

7. 減肥・減農薬だけではない共生微生物の重要性

微生物は多様な化学成分に対する高い代謝能力を持つことから、共生微生物が農産物の重要な風味の形成に関わっていることが明らかになりつつある。多くの微生物が空気中から水分を吸収し、気体類をエサとして増殖することができる。このような能力を持つ共生微生物が農産物の風味・食味、特に「おいしさ」のようなヒトの食品嗜好性にも大きな影響を与える可能性は十分にある。例えば、ワイン等の発酵食品の場合は材料に含まれている共生微生物が農産物の品質に直接的な影響を与える。実際に、幾つかのワインの芳香成分は共生微生物に由来しており、分離培養された共生微生物が試験管中でワインの香りを生産することが報告されている。普遍的に植物に共生する *Methylobacterium* 属細菌については、イチゴの重要な芳香成分の生合成系に関与していることが報告されている。一方、これらの有用共生微生物群とは逆に、収穫後の農産物の病害や腐敗、悪臭や加工食品の変質の原因となる有害な多くの共生微生物群の存在も食品微生物分野では良く知られている事実である。圃場での栽培管理が共生微生物

物の影響を通して収穫後の農産物の貯蔵性や品質に大きな影響を与える可能性があることから、栽培現場だけではなく収穫後のフードチェーン等を含めた一次産業全体を意識した栽培管理技術の再考をすることが今後の農業（研究）において有益であるように思われる。パスツールにより証明されたように一般的な腐敗現象は微生物が原因であるので、適切に栽培された有機農産物が腐敗し難いというような現象は共生微生物相の多様性や有用機能の解明から比較的容易に説明できる可能性がある。

上述のような話が全て科学的に明らかになるには10年、20年先の話である、と最近まで思われていたが、近年の微生物分析技術の進歩は目覚しく、事態は急展開しつつある。昨年、アメリカの企業と農務省の共同研究により、カリフォルニアワインのテロワールを微生物学的に解明するという大変挑戦的な論文が発表された。当該論文では、ワイン製造に使う品種、産地、ビンテージ等により特徴的なブドウの房に共生する微生物を特定している。このような研究は、気象、土壌、栽培法、ブドウ、ワインの醗酵過程等の多様な分析をしても解明されていない産地特有のワインの風味・おいしさを解明する切り札として注目されており、多様な環境因子が作用して最終的かつ直接的にブドウの醗酵過程に大きな影響を与える環境因子として微生物に着目したと言える。このような研究の展開から、上述したように肥料や栽培管理で共生微生物が影響を受けるということを利用すれば、例えば、日本でも栽培管理を工夫すればカリフォルニアのNapaバレーと同様なブドウの微生物相を再現が可能となり、結果としてカリフォルニア以上の品質のワインを日本国内でも生産できることになるかもしれない。

8. 終わりに

本稿で紹介したような施肥や光等の環境条件と共生微生物相との関係を慎重に検討することにより、農業現場での有用微生物の効果的な利用技術の開発が今後は期待できるかもしれない。本稿で紹介したような知見を活用することにより農耕地生態系の微生物相を改善し、環境微生物の有用機能を環境サービスとして最大限に活用することが、化学物質の投入を最小限にした持続的農業生産活動の基本の1つとなるのではないだろうか。従来までの農業や農学は植物微生物複合体の中の作物部分しか注目されておらず、共生微生物の存在は無視されてきた。そのような植物中心の農業や農学は共生微生物の存在や役割を強く否定することにもつながってきた。一方で、お世辞にも農学は完成された学問というには程遠いレベルにあるが、「農業の不思議」というパズルを埋めるための大きなピースの1つが共生微生物であると筆者は考える。

筆者は、植物や微生物の生態を理解し、それらを上手に利用した栽培・育種技術を思案していくことが、言葉遊びではない本質的な「スマートアグリカルチャー」につながると考える。これは、「大切なものは、目にみえない」という狐の言葉のとおり、微生物や光のような「目に見えないもの」（栽培環境）をもっと意識することが現代農業においても重要なように思われるからである。目に見えないものを対象とすることは立派な顕微鏡が使える現代の研究者にとっても、その効果を信じて研究するには大変な勇気が必要になる。しかしながら、本稿で紹介したような新たな視点からの研究は有機栽培における多くの疑問点を解決し、現代農業の常識を新たに再考するための糸口になる可能性がある。

自身を含めた多くの研究者・農業者がマンネリズムに陥りやすい「慣行」から少し距離をとり、歴史ある日本の有機農業の科学的解明から従来の常識を越えた新たな農業技術や農学研究の展開への扉が開かれることを期待したい。

植物共生微生物と「土づくり」

【北海道農業研究センター 畑作研究領域 主任研究員 池田 成志】

共生とは、例えばヒトとヒトの腸内微生物群のように、異なる生物種が共存する状態を示します。植物にも無数の微生物が共生していますが、植物に有用な微生物の他に有害なものもいます。多くの人が健康のためヨーグルトを飲んで腸内微生物相の改善を試みるように、適切な栽培管理が植物の共生微生物相を改善し、病害軽減や農産物の品質向上が可能ではないかと考えられています。

活用すれば、収量や品質を犠牲にすることなく減農薬・減肥料、さらにおいしい農産物生産が可能であることを示唆しています。実際の農業現場に当てはめると、朝日や夕日、特に夕日の重要性を示唆していると考えられ、燦々と降り注ぐ日中の光だけでなく、朝夕の光も植物の健康には重要ということになります。同様に、苗生産を含めた施設栽培でも光条件は根圏環境を含めた植物の健康に重大な影響を与えられます。

1 有用な共生微生物の機能

有用な共生微生物の主な機能の1番目は、土壤から植物への窒素やリン等の養分吸収の促進、2番目は、植物ホルモンやビタミン等の生理活性物質の生産を通じた植物の物理的ストレス(耐暑性や耐寒性等)や化学的ストレス(重金属や化学物質汚染等)の緩和、3番目は、病害の防除・軽減です。自然環境では共生微生物がこのような多くの機能を発揮し植物の健康を維持していると考えられており、その機能を発揮させることが「土づくり」の本質の一部と考えられます。

一方、現在の農業生産の場では共生微生物が有用機能を発揮しているようには見えません。主な理由の1点目は、上述したように共生微生物には有害な微生物も存在するという点、2点目は、土壤環境を含めた栽培環境が共生微生物の多様性に大きな影響を与えているということです。最近の研究から、窒素等の過剰施肥が根粒菌や菌根菌等を含む多くの有用微生物の植物への共生を邪魔するということが明らかにされつつあります(図1)。植物は過剰な施肥条件下では有用な微生物と共生できないのです。逆に、分肥や緩効性肥料などで適切な肥培管理を行えば、有用な共生微生物が植物に定着して機能を発揮し、上述のような「自然の恵み」を受け取れると考えられます。

3 適切な栽培管理での共生微生物活用の可能性

以上から、有用な共生微生物が活躍できるような適切な栽培管理を行えば、減農薬や減肥料を推進し、無理のない持続的な農業生産が可能となることが期待されます。さらに、農産物やそれらを原料とする多様な食品、特に発酵食品の風味や食味、すなわち「食べ物のおいしさ」の科学的解明でも共生微生物は大変重要な役割を持つことが明らかにされつつあり、競争力のある商品としての農産物の生産も可能になるでしょう。

共生微生物の視点から見ると、肥料や有機物資材、それらの施用方法、光条件の好適化などは開発・工夫の余地が多く残されているフロンティア分野です。

2 根圏での植物と微生物の共生への光環境の役割

さらに、最近の研究では、根圏での植物と微生物との共生に、光環境が大変重要な役割を持つことが報告されており、特定の光の条件が根粒菌の感染を制御していることが明らかにされています。直感的に説明すると、赤色が多い光条件で根粒が増え、赤色が少ないと根粒が減ります。実は、同じ光条件が植物の病害抵抗性反応や果菜類の品質にも大きな影響を与えることが知られています。これらの事実は、光条件を上手に

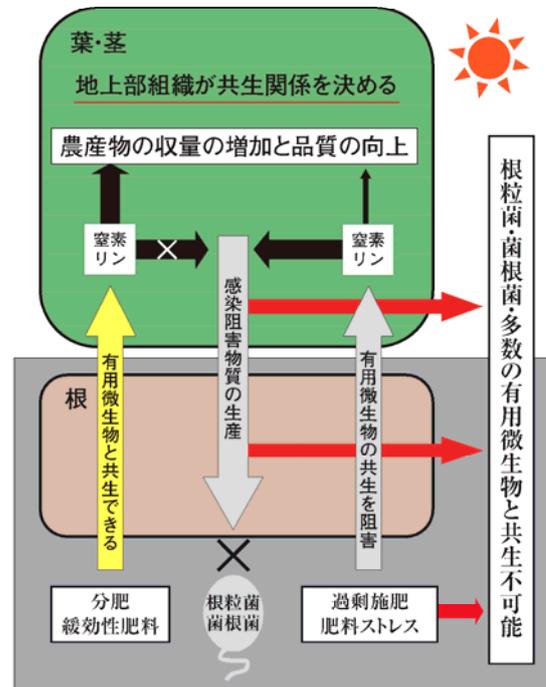


図1 肥培管理の共生微生物への影響

あぐりぼーと No.101、6 ページ (2013)

農研機構・池田成志先生の

賢い農業のための「光生態学のすすめ」

植物共生微生物分野で注目される池田先生の最新研究成果をご紹介します。



北海道農業研究センター芽室研究拠点

農業における光環境

筆者は作物と微生物の関係に影響を与える環境要因として光と土壌の2つの環境要因に注目しているが(図1)、現状では光環境の生態的な理解と農業利用は大変不十分だと感じている。したがって、今後の新農業技術の開発のためのヒントになることを期待して、本稿では農業における光研究の重要性について、従来までの研究事例と私の私見を紹介させて戴きたい。

農業環境における光環境として重要な波長は主として、紫外領域から近赤外領域である。紫外領域はさらに、UVBとUVAに区別される。UVBは作物の形態形成や色素生産等の形質に強い影響を持つことが知られており、さらに最近の研究では、葉面上の微生物多様性の制御を通して病原体の増殖を抑制する機能を持つことも示唆されている。このUVBはガラス等を透過すると非常に大きく減少することが知られてお

り、所謂「温室育ち」の作物はなぜ病虫害に弱いのか、ということの科学的説明につながる。

夕陽に農産物をおいしくする可能性はあるかも？

日本の民間企業の研究者が、北海道の生産者から「夕陽がトマトをおいしくする」という話を聞いて、これが本当なのか科学的に検証した例がある。朝陽と夕陽は日中の光(白色)と比べると赤い。これは太陽から地表面に水平方向から光が来る朝と夕方は、波長の短い光(青～緑)が空中のホコリ等により弾かれ、結果として波長の長い光(赤色～赤外光)がより多く地表面に到達するからであると説明されている。夜よりも昼間の方が空中のホコリの量が多いことから、夕陽は朝陽よりも赤く見えると説明されている。上記のメーカーは植物工場内の白色光下で栽培したトマトに光照射時間の最後に夕陽を真似て赤色光を少し照射すると、ト

マト果実に含まれる糖分やビタミン含量が増加することを発見している。

上記のような夕陽の潜在的な有用効果は日没前の夕陽が良くあたる圃場でよりおいしい農産物ができる可能性を示唆している。また、圃場西側への夕陽の効果を示唆するような、圃場の東西両端での作物の生育の違いも報告されている。お得意様に贈呈する農産物は、夕陽の良くあたる圃場の西側付近から取れたものが良いかも、と言えるかもしれない。さらに、夕陽の光の質や継続時間は緯度や季節により大きく異なる。実際に、上記のメーカーが北海道(余市町)と本州(浜松市)で夕陽を測定したところ、予想通り、R/FR値は北海道で高く、本州中部で低かった。Rは赤色光(Red、600～700nm)、FRは遠赤色光(Far Red、700～800nm)を意味する。このR/FR値が農産物の形質・収量や品質に非常に大きな影響を与えることは花卉園芸分野では良く知られた事実である。夕陽の継続時間は、国内では夏場の北海道あたりの地域が夕陽の継続時間も一番長くなる。また、夕陽の来る方向を考えると畝の方向も大事なように思われる。栽培密度が高い場合は東西畝の方が南北畝よりもR/FR値は高くなることが明らかにされ、水分環境の良い圃場では南北畝が、強い乾燥ストレスを受けるような環境条件の悪い圃場では東西畝が良いことが示唆されている。

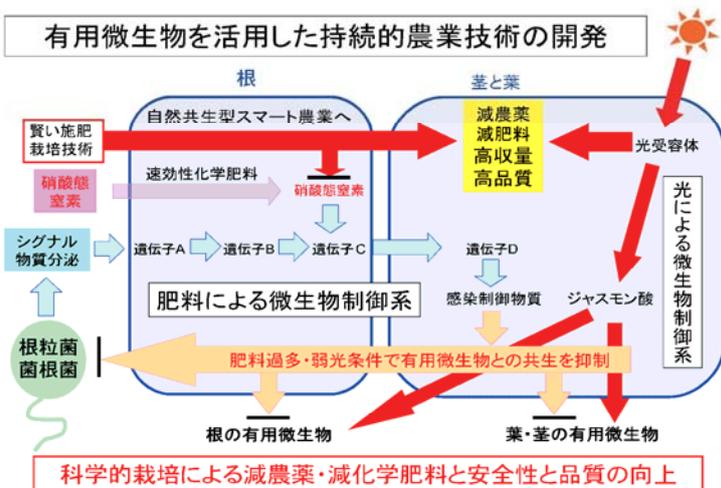


図1. 有用微生物との共生を通じた持続的農業の可能性の概念図

なぜ夕陽なのか？

赤い光が、それも夕陽が朝陽以上に重要だと筆者が考える幾つかの理

由はあるが、紙面の都合から本稿ではR/FR値の高い光が有用微生物との共生を促進し、共生を通じた生育促進や病害防除の可能性があることだけ強調しておきたい(図2)。日没直前の光環境は作物の代謝方向を決めるための非常に重要な信号であり、作物が日没時に真っ赤な夕陽を浴びることは作物を健全にするために、大変重要なことのように思われる。図2に示すように、光環境の変化は作物体内の植物ホルモンのバランスの変化を引き起こす。この図のような関係から、良い光条件下の作物は共生微生物により生産された植物ホルモンを利用して病害虫抵抗性とバイオマスの増加の両方を可能にしているのではないかと、筆者は考えている。ただし、肥料の過剰施肥により有用微生物との共生は阻害されるので、有用微生物からの恩恵を環境サービスとして受けるためには、光と施肥について適切な栽培条件を整える必要があると考えられる。

光生態学的新農業技術の開発を目指して

上記に加えて、筆者は土壌が関係する2つの光環境要因に注目している。1つは土壌表面の光環境である。よく新聞紙上等で「赤土で栽培した～」というような農産物の紹介記事を見かけるが、土は赤い色の光が土壌の表面で反射している。即ち、赤土は赤い色のマルチと似た効果があるはずである。このような考えに基づいて、マルチ等を利用して地表付近の光環境を制御し、農産物の生育や品質への影響評価を試みた研究例がいくつかある。ニンジンでは黄色・白色のパネルの使用で、βカロチンとアスコルビン酸含量の増加が報告されている。イチゴでは赤色マルチの使用で果実重、香り、甘み等が増加したとされている。さらに、トマトでは赤色マルチで収量や果実重が増加したとの

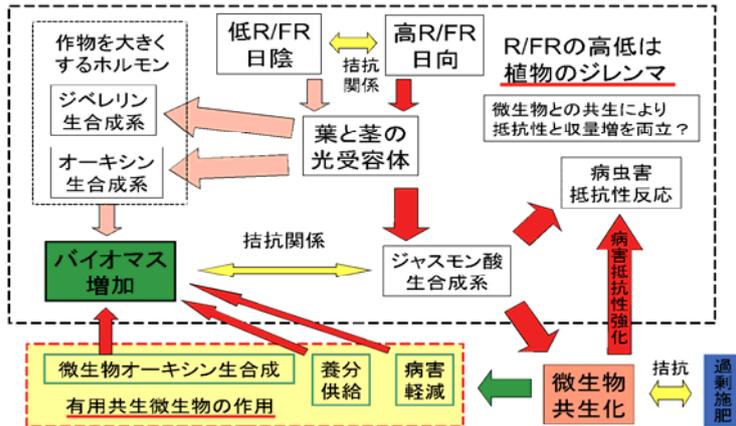


図2. 光環境を中心にした持続的農業の可能性の概念図

報告がある。面白いところでは、ダイコンの味が青色マルチでは辛く、緑色マルチでは甘くなるという研究例もある。残念ながら、以上のようなカラーマルチの効果は不安定なため、広く技術が普及するには至っていない。これは、作物の収量や品質は、光条件だけではなく、施肥や水分条件等の他の環境要因の影響も大きく受けるためであると思われる。さらに、人が認識するマルチの色は可視光領域であるが、可視光領域や赤外領域の反射率も製造法等で大きく変化するため、マルチ表面からの反射光の質の違いも大変重要であると考えられる。上記のような知見から、ハウス等の施設栽培や育苗、露地でのトンネルやマルチ等でも使い方を思案する余地は多くあるように思われる。実は、作物は茎組織の光受容体で地表面付近の光環境を敏感に察知していることも明らかにされている。このような事実は、作物が横からの光(朝陽・夕陽)を大変重要な光情報として使っていることを示唆しているように思われ、マルチ等からの反射光等は横からの光環境を効果的に変えることにつながると考えて良いと思われる。

2つめの「土壌中の光環境」については、筆者の頭がおかしいのかと思われるかもしれないが、本稿では紙面の都合から割愛した。従来にはない農業的に大変面白い光の世界が土壌中にあると考えているので、納得してもらえるように後日に機会を改めて丁寧に紹介できればと思う。

最後に

本稿で紹介した光に関する研究事例は殆ど海外で論文発表されたものであり、残念ながら同分野の国内での研究は大変遅れている。現在、筆者の研究グループで上述のような研究の確認をしつつ、従来の常識を越えた夢のある農業研究を進めていければと考えている。らでいっしょぼーやの生産者の皆さんとも情報交換や協力を頂き、新しい農業の展開をさせて戴きたいと思います。今後ともどうぞ宜しくお願い致します。

Profile プロフィール

池田 成志先生
Seishi Ikeda

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 芽室研究拠点 畑作研究領域 主任研究員
大阪府出身。1995年近畿大学大学院 農学研究科博士後期課程終了。コーネル大学、筑波大学、東北大学等での博士研究員を経て、2009年から現職。植物共生微生物分野に精通し、各地での講演および農業技術普及に尽力している。

事例発表とパネルディスカッション

事例発表者・パネラー

田中 久一氏（長野県中野市、リンゴ・モモを栽培）

高野 武仁氏（山梨県甲州市、ブドウ・モモを栽培）

吉野 弘道氏（サントリーワインインターナショナル、ブドウを栽培）

福田 秀貞氏（青森県藤崎町、リンゴを栽培）

丹澤 修氏（山梨県山梨市、モモを栽培）

コーディネーター

鶴田 志郎（有機農業参入促進協議会）

事例発表では、青森県、長野県および地元山梨県より 5 名の実施農家の方々に、リンゴ、モモ、ブドウの有機栽培、減農薬栽培の事例を紹介していただきます。

パネルディスカッションでは、事例発表者をパネラーに、病虫害、雑草、土づくりなどの技術的対策や考え方、加工や販売、農業経営などについて、参加者の疑問に答えながら、減農薬栽培や有機栽培に取り組む場合の最新技術（考え方を含む）を紹介していただき、有機栽培の可能性を共に考え、成功または失敗の少ない実践、普及に繋がりたいと考えています。

有機農業での栽培を検討されておられる方、指導的立場にある方、流通・加工事業者など、皆様の参考となることを期待しています。

長野県中野市における減農薬モモ、リンゴ栽培

のろまん農場 田中 久一

1. 産地の概要

中野市は長野県北部に位置し、世帯数 15,000、総人口 44,000 人です。農家戸数は 3,300 戸、農家就業者数 4,500 人であり、農業地帯として成り立っています。経営耕地面積は 2,000ha で、果樹園 1,100ha、水田 500ha、普通畑 400ha となっています。農業面では、エノキタケを中心としたキノコ産業が盛んであり、果樹ではブドウ、サクランボ等のハウス栽培が多く、後継者も多くいます。



2. 我が家の経営概要

モモ 130a、リンゴ 30a、ナシ 5a、アスパラガス 5a、水田 30a の計 200a。労働力は本人（53 歳）、妻（49 歳）の 2 人。

モモは現在 60 品種を栽培しており、7 月中旬から 10 月末まで、一日も切らさずにリレー出荷をしています。なぜ、こんなに品種が多くなったかという、切れ間なく味の良いモモが収穫できるようにするためです。モモの木は、上段、中段、下段の順に食味が下がっていく。1 品種をたくさん栽培していると、下段のモモの出荷時期には食味が下がってしまい、出荷できない。いつ注文が入っても品質（食味）のよいモモを出荷するためには多品種の栽培が欠かせません。ただし、あまりにも品種の数が多くなり、整理する必要も感じています。

近年の傾向として、宅配で喜ばれる見た目は悪くても食味のよい品種と、市場で求められる見た目重視の品種との差がはっきりとしてきています。生産者としてどのような品種を栽培すべきか検討すべき課題も多くあります。

経営の中で特筆すべきは、モモの収穫期に訪れる援農ボランティアの力が大きいことです。朝どりのモモをその日のうちに発送できるのは、彼らの存在があるからです。今年度も 40 人前後の学生たちが、8~9 月の 2 か月間に、ほぼ 1 週間交代で収穫作業を手伝ってくれました。また、つくば市にある農業環境技術研究所の研究者さんたちも、学生たちと一緒に実習をしてくれました。

3. 主な販売先や販売方法

モモは個人宅配と、JA タウンを利用したネット販売をしています。他に名古屋の仲卸への直接販売と、築地市場へ出荷しています。リンゴはすべて個人宅配で、加工向けはリンゴジュースにしています。他の品目についても個人宅配を行っています。

4. モモ、リンゴ栽培の概要

モモについては、元肥として市販の有機質肥料（バイオノ有機）を使用し、堆肥として近所のエノキタケ農家の栽培残渣（コーンコブ、米ヌカ、フスマ、カキガラ等）をハウスの中で半年以上寝かせて、雪の降る前に散布しています。このハウス内には土着菌がいるた

め、毎年均一な堆肥となっています（バイオ酵素を販売している担当者の話）。

リンゴは、9年間、自家堆肥を10aあたり2t入れるだけで栽培しています。

モモの農薬は、バイオ酵素を使用して通常の70%まで濃度を薄めて使用しています。以前には、クエン酸やストチュウを混ぜて、通常の50%の濃度で使用していました。しかし、せんこう病がひどくなりすぎたので、現在の70%の濃度で行なうようにしました。

リンゴの農薬散布は、年9回（黒木消毒を入れて）です。もう1回減らそうとすると、散布間隔が1か月以上になるため、思いきれないでいます。

5. シナノスイートの自然栽培

平成21年春に10aの畑に苗木を12本植えつけ、栽培を始めて5年目になります。一昨年より収穫を開始しましたが、今年は隔年結果がみられ収穫量は昨年の半分の10aあたり100kg程度でした。

今年もヘルスパワー（醸造酢+アミノ酸）を300倍にして8回散布しました。生育前半の干ばつの影響でカルシウム吸収が進まずコルクスポットが発生しました。シンクイムシは、モモの2重袋（防菌、防虫でない）を果実にかけてその被害を最小限に抑えています。年々、カイガラムシは増えてきており、たわしやブラシでは落とすきれないので、来春には植物油の散布を予定しています。園内は雑草の草生栽培で9月に入って草丈が1.5mまで伸びた段階で1回草刈りをしました。

不思議に思うのは、腐らん病が未だに発生しないことです。木が生長してきたので、春には芯を切り下げたり、主枝候補となる4本の枝を選定したりします。これらの作業により、枝の切り口が大きくなるため、腐らん病の発生が心配されます。

これからも試行錯誤を繰り返しながら、自然の力を信じ栽培を継続していく予定です。こうして学んだ技術や知恵をもって、他品種、他品目の栽培にも応用していきたいと思っています。より自然の力を大切にした経営や暮らしを目指して、楽しみながらシナノスイートの自然栽培と向き合っていく覚悟です。



草刈り前の自然栽培園
（平成26年9月9日撮影）



無農薬栽培の果実

山梨県甲州市における減農薬ブドウ・モモ栽培

やまたか園 高野 武仁

1. 経営概要

栽培面積：134 a

ブドウ 100 a (デラウェア、サニールージュ、巨峰、ピオーネ、瀬戸ジャイアンツ、シャインマスカット、ロザリオビアンコ、甲斐路、ベリーA、甲州ほか)

モモ 34 a (浅間白桃、なつっこ、一宮白桃、川中島白桃、黄金桃 2 種ほか)

労働力：本人、父、母



減農薬栽培の甲州

2. 栽培の特徴

化学合成農薬の中毒症状と思われる手足のしびれや突発的な下痢に悩まされていた父が、「このままではダメだ」と感じ、昭和63年頃より自然循環型農業を目指したのがきっかけで、減農薬栽培を始めました。

1) 土壌改良

管理機やトラクターの耕起による除草をやめ、乗用草刈機による年4~5回の草刈りをする雑草草生栽培に切りかえました。土づくりは、10年以上にわたり元肥にEM(有用微生物群)と米ぬかを主体としたボカシ肥料を投入しました。その後は、竹のチップなど有機物の発酵資材を投入しながら、EMを拡大培養した活性液の土壌散布と微量元素の葉面吸収を目的として溶液化したミネラル剤などを活用しています(表1)。



カラスノエンドウとミツバチ

表1 平成25年秋から26年秋の管理状況(ブドウ、モモ共通)

時期	施肥量(10aあたり)	実施内容
11月中旬から 12月上旬	80kg	竹のチップ、おから、テラストーン(鉱物)、魚肉の燻製、サトウキビの燻炭、サンゴカルシウムに2種類のボカシと酵素を加えて発酵させた資材
5月~10月	1回に20Lを 計4回程度	EM1の拡大培養液(活性液)20Lを25倍に希釈して、降雨後にスピードスプレーヤーにて土壌散布

2) 病虫害防除

農薬使用は慣行栽培の 3~4 割程度に留め、ブドウの粗皮はぎや巻きひげの除去など耕種的防除に重点をおいています。また、農薬の散布回数を減らすと予防散布の間隔が開くため、気象条件を見ながら発生が予想される病虫害を基準に防除計画を立てています。平成 26 年度の巨峰群およびモモ（中生種）の防除履歴を表 2~4 に示します。

平成 13 年に（公財）自然農法国際研究開発センターから特別栽培農産物の認証を受けています。



開花期のモモ

表 2 巨峰群（種あり）露地栽培の平成 26 年度防除履歴

月日	使用薬剤	倍率	対象病虫害
5月12日	ジマンダイセン水和剤	1,000	黒とう病、晩腐病、べと病
	スプラサイド水和剤	1,500	コナカイガラムシ類
	ベンレート水和剤	2,000	黒とう病、つる割病ほか
5月25日	ジマンダイセン水和剤	1,000	黒とう病、晩腐病、べと病
	モスピラン水和剤	2,000	コナカイガラムシ類、アザミウマ類
	マネージドライフロアブル	4,000	うどんこ病、黒とう病ほか
6月9日	ホライズンドライフロアブル	2,500	晩腐病、べと病ほか
	バリアード顆粒水和剤	2,000	チャノキイロアザミウマ、コナカイガラムシ類
	オルトラン水和剤	1,500	チャノキイロアザミウマ、ハマキムシ類
7月6日	IC ボルドー-6-6D	50	べと病、さび病、晩腐病
	スミチオン水和剤	1,000	トラカミキリ、スカシバ、コナカイガラムシ類

注) 印は、成分カウントされない農薬。当園の減農薬栽培では 10 成分で、当地の慣行栽培では 25 成分。

表 3 巨峰群（種なし）雨よけ栽培の平成 26 年度防除履歴

月日	使用薬剤	倍率	対象病虫害
5月25日	ジマンダイセン水和剤	1,000	黒とう病、晩腐病、べと病
	モスピラン水和剤	2,000	コナカイガラムシ類、アザミウマ類
	マネージドライフロアブル	4,000	うどんこ病、黒とう病ほか
6月16日	ホライズンドライフロアブル	2,500	晩腐病、べと病ほか
	コテツフロアブル	2,000	アザミウマ類、ハダニ類
	トリフミン水和剤	2,500	うどんこ病
7月31日	コテツフロアブル	2,000	アザミウマ類、ハダニ類

注) 当園の減農薬栽培では 7 成分で、当地の慣行栽培では 28 成分。

表4 モモ（中生種）の平成26年度防除履歴

月日	使用薬剤	倍率	対象病害虫
3月18日	ハーベストオイル	50	カイガラムシ類
	チオノックフロアブル	500	黒星病、縮葉病ほか
4月25日	マイコシールド	1,500	せん孔細菌病
	モスピラン水和剤	2,000	シンクイムシ類、モモハモグリガ
5月23日	アンビルフロアブル	1,000	黒星病、灰星病
	アディオン水和剤	3,000	シンクイムシ類、モモハモグリガ
6月26日	マイコシールド	1,500	せん孔細菌病
	スピノエースフロアブル	2,000	シンクイムシ類、ハマキムシ類
9月10日	アグレプト液剤	1,000	せん孔細菌病
	スプラサイド水和剤	1,500	シンクイムシ類、カイガラムシ類

注) 印は、成分カウントされない農薬。当園の減農薬栽培では6成分で、当地の慣行栽培では29成分。

3) 成果と課題

化学合成農薬の使用削減と有機質資材の投入により、土壌の生物性が向上しました。条件の良い園地では、雑草の種類が増え、それに伴うクモ類やテントウムシなどの天敵が飛躍的に増加しました。また、糸状菌などの増加により刈り取った雑草や作物残渣の分解・還元が早くなりました。

施肥量を控えています。収量は慣行栽培と同程度です。果実重や着色は中程度ですが、食味は良好で、消費者からは「日持ちが良い」との評価を受けています。

今後の課題として、有機栽培に限らず、着色期の高温対策や収穫期の日照不足や降雨対策など地球規模の気候変動に対処する樹園地の管理が必要と考えています。また生態系のバランスが崩れ、山間樹園地の獣害が深刻になっているため、その対策が必要となっています。

3. 販売の状況

昭和50年代の初頭から県道に面した園地で直売用店舗と休憩所を構え、観光型農業を展開しています。主に首都圏と東海エリアの消費者を中心に、ブドウ狩り観光と直売、宅配を行っています。

モモは、7~8割を消費者に直接宅配し、残りの2~3割を店頭で直売しています。収穫量が多い時は、知人を介して市場出荷することもあります。また、格外品を「家庭用」として販売しています。ブドウは、約50%がブドウ狩り客への直売です。残りの30~35%が電話・FAXの注文による宅配（一部ネット販売）で、15~20%（ペリ-A、甲州）は地元ワインメーカーに加工用として出荷しています。



県道に面した直売用店舗

販売において留意している点は、「鮮度」です。モモは、基本的に収穫した当日に宅配の発送と店頭販売をして、売れ残りが出ないようにしています。収穫量が多くなってしまった日には、市場へのコンテナ出荷を行い、一部を貯蔵します。貯蔵したモモの販売期間は、3日以内としています。ブドウは、注文後、収穫・出荷をしています。店頭販売でも、集客を見越したもぎ込みや展示販売は極力しないようにしています。

販売上の喫緊の課題として、今後数年で「お使いもの」需要が減っていくなか、日常的に果物を消費していない若年層への販路拡大を模索しています。

風土と品種の個性を引き出すブドウ栽培

バイオダイナミック農法試験事例

サントリーワインインターナショナル(株)登美の丘ワイナリー 吉野 弘道

1. 概要

サントリー登美の丘ワイナリーは山梨県甲斐市に位置し、日本でも有数の少雨地帯です（年間降水量は約 1,100mm、日本平均は約 1,700 mm）。これは登美の丘が高い山に囲まれており、雨雲は高い山々（南アルプス、八ヶ岳、富士山、奥秩父山系）に阻まれて登美の丘まで来ることが少ないからです。さらに、日照時間日本一を誇る北杜市明野町が近隣にあり、登美の丘の南斜面はブドウ栽培にとって条件のよいロケーションといえます。また、標高が高いため昼夜の気温差は 10 以上になる日も多く、赤系ブドウの着色促進、香り成分の保持に適しています。



風土と寄り添い、生かし、品種を通して、土地の特徴を表現するブドウづくり、ワインづくりを目指しています。その活動の一環として、2008 年から一部圃場でバイオダイナミック農法を試験導入、実施しています。

1) 栽培面積

約 25ha（赤系品種 約 65%、白系品種 約 35%）
（内バイオダイナミック農法圃場 約 1ha）

2) 品種

赤系品種・・・メルロ、プチ・ヴェルド、カベルネ・ソーヴィニヨン、カベルネ・フラン、
ピジューノワール、ブラック・クイーンなど

白系品種・・・シャルドネ、甲州、リースリング・フォルテ、リースリング・イタリコなど

（バイオダイナミック農法圃場はシャルドネ、カベルネ・ソーヴィニヨン）

3) 仕立て

棚仕立て（約 40%）、垣根仕立て（約 60%）
（バイオダイナミック農法圃場は垣根仕立て）

2. ブドウ栽培の特徴（慣行栽培含む全圃場にて実施）

1) 草生栽培

以下を狙いとして除草剤を使わない、不耕起栽培を実践。

- A．土壤微生物多様性促進
- B．土壤団粒化促進
- C．降水による表土の流亡阻止

2) Precision Viticulture (最適なタイミングで、最適な作業をおこなう)

最適なタイミングで、最適な作業を行うために、天候、生育状況、病害虫発生状況、植物生理などの観点から最適な作業計画を策定します。

3) 循環する農業

剪定枝とブドウ粕から自家製堆肥を作製、必要な圃場に施肥し資源の循環をしています。

3. バイオダイナミック農法試験

1) 試験導入経緯

バイオダイナミック農法とは、土壌と植物、動物の相互作用だけでなく、天体の動きにも着目した農法です。農業実践において各作物別にその作業に適した日があるという考えのもと、バイオダイナミック農事暦を参照し作業を行います。いわゆる化学農薬、化学肥料は使用しません。近年ドイツ、フランスを中心としてワイン用ブドウ栽培において拡大傾向にあります。

弊社圃場では風土と品種の個性を引き出す農業のための一手段として、2008年から一部圃場でバイオダイナミック農法を試験導入、実施しています。

2) 栽培実例

基本的なブドウ栽培の実践としては弊社慣行栽培と大きな違いはありませんが、薬剤散布においては有機認定薬剤であるボルドー液、硫黄剤を使用、殺虫剤は使用しません。また植付け、摘芯、摘房、収穫、剪定作業などはバイオダイナミック農事暦を参照しその作業に適した日に実施します。また調合剤とよばれる特殊肥料(牛糞堆肥、水晶の粉など)を適宜散布します。

3) 試験経過

ブドウ栽培における基本的な生育ステージについては慣行栽培と差異はありません。病気についてはシャルドネ圃場の一部でうどんこ病、(年により)醗酵性腐敗が発生します。カベルネ・ソーヴィニオンでは病気の発生はほとんどありませんが、一部において生育不良が見受けられます(バイオダイナミック農法の影響によるものかは不明)。害虫による被害はほとんどありません。

2012、2013年のような良年(雨が少ない年)においては高い健全性のブドウを収穫しました。2014年のような年(8月の長雨、日照不足)においては慣行栽培と比較すると病気の発生が多くなりました。

一方ワインの品質においては、慣行栽培区と比較すると口当たりがやわらかく、豊かな香りのするワインに仕上がってきています(シャルドネ)。

この風土と品種を引き出す栽培方法として、適品種が見つかりはじめています。

4) 課題

栽培コストは慣行栽培区と大きな違いはありませんが安定的な生産量確保に課題があるため、適正な樹勢管理(土地と植物体のバランスをとる)をすることで病気の発生を抑えていく必要があります。

4. 今後の展望

当面は試験段階のためバイオダイナミック農法の圃場拡大、認証取得、販売化予定はありませんが、当農法を実践することでより登美の丘の風土、品種を引き出すことができる可能性はあると考えています。またこの農法で作られたブドウ、ワインがお客様にとっての価値向上につながるのかどうか今後判断していく予定です。

青森県藤崎町における有機 JAS リンゴ栽培

マルフク晴香園 福田 秀貞

1. 経営概要

リンゴ 423a (マルバカイドウ台木の普通栽培 170a、わい化栽培 180a、平成 22 年よりわい化栽培 73a)。

内、有機 JAS 認証 423a。併せて、青森県特別栽培農産物認証 (節減対象農薬不使用・化学肥料不使用) も取得。

有機 JAS 認定機関は、(公財)自然農法国際研究開発センター (静岡県熱海市) です。



2. 有機栽培への取組経緯

昭和 40 年に就農しリンゴ栽培を開始しました。元々自分自身が「安全・安心」な栽培に関心があり、また周囲の要望もあったことから、平成 6 年から農薬を極力使用しない栽培に取り組み始めました。

当初 E M 菌の使用から始まり失敗もしましたが試行錯誤を繰り返した結果、平成 16 年に有機農業によるリンゴ栽培を確立しました。

平成 11 年から青森県特別栽培農産物認証を取得し、平成 17 年から有機 JAS 認証を取得しました。

3. 栽培内容

1) 土づくり

自然に近い栽培環境を心がけています。数年に一度、米ぬかを主体としたぼかし肥料を投入しています。他に E M 1 号活性液を施用しています。

2) 病虫害防除のポイント

何よりも健康な樹体づくりに努め、有機 JAS 認証で使用可能な農薬を必要最小限で使用しています。また、病虫害予防対策として、自家製のアップルビネガーを 200 倍に希釈して 1 週間に 1 回散布しています。



有機 JAS 認証リンゴ園

問題となる病害は黒星病やモリニア病ですが、石灰硫黄合剤の散布により対応しています。また、ダニ対策にはマシン油を利用していますが、花後は実施しません。

3) 除草

年に 6~7 回、草刈り機による機械除草を行っており、除草剤は使用していません。

【参考例】わが園地での農薬使用状況

時期	使用農薬	対象病害虫
4月上旬	石灰硫黄合剤	モリニア病、黒星病
4月上旬	スプレーオイル(マシン油乳剤)	ハダニ類
5月上旬	コロナ・フロアブル(水和硫黄剤)	うどんこ病
6月上旬	コロナ・フロアブル(水和硫黄剤)	うどんこ病
6月上旬	ファイブスター顆粒水和剤(BT水和剤)	ハマキムシ類
6月下旬	コロナ・フロアブル(水和硫黄剤)	うどんこ病
6月下旬	銅水和剤(ICボルドー412)	輪紋病
8月下旬	ファイブスター顆粒水和剤(BT水和剤)	ハマキムシ類

4. 販売状況等

生果での販売が8割で、加工(ジュース)販売が2割です。販売先は契約販売やネットによる個人宅配販売(メディアフロント:自然食ネットコーナー)主体です。特にネット販売は3年前から始めましたが、リンゴの有機JAS栽培は希少なため、全国北海道から沖縄まであらゆる地域から注文が入ります。通常農薬を使用した農産物を摂ることができない化学物質過敏症の方々などには絶大な支持があり、注文とともに感謝の手紙が送られてくることも多く、逆にそれは有機JAS栽培の励みにもなっています。



左：赤ふじ、右：シナノゴールド

収量は慣行栽培の3分の1から半分程度で、サイズは中玉が主体です。しかし、単価は慣行栽培の2倍~4倍で取引されています。また「家庭用」としてやや外観が落ちる規格でも喜んで買ってもらえる顧客層にも恵まれています。将来は法人化し、加工施設を建設したいと考えています。

山梨県山梨市における

モモの慣行栽培から特別栽培、そして有機栽培への可能性

興隆園 丹澤 修

有機栽培や特別栽培に興味のある方に対して、私が実践したことを参考にさせていただけるように、簡単に、しかも確実に失敗が少なく特別栽培や有機栽培に移行できるよう記述していきたいと思います。

1. 経営概要

栽培面積は、モモ、ネクタリン 170a。栽培品種は、日川、加納岩、みさか、夢しずく、白鳳、浅間、一宮水蜜、黄金桃、川中島、幸茜、みざかっ娘、黄貴妃、さくら、黄ららのきわみ、れいめい、れいおう、晶玉、ハネージュ、スイートピーナス、秀峰、エンパイヤー。

労働力は、本人、妻およびパート3名（男性2名、女性1名）。



2. モモの慣行栽培から特別栽培へ

1997年に脱サラをして、家業の農業を継ぎました。就農当時の栽培方法は慣行栽培でした。しかし、市場より「差別化商品」「有機」の農産物を望む声があったこと、マルタの冬期講習で食べた有機栽培のデコポンが非常においしかったことがきっかけで、2000年から減農薬栽培を始めました。

始めた当時、特別栽培の基準はなく、農薬使用回数は山梨県の防除暦20回の半分の10回に減らし、施肥は牛糞堆肥と化学肥料主体とした栽培から始めました（表1）。

表1 モモの農薬散布回数と施肥の推移

栽培年	散布回数（成分カウント）	施肥資材（10aあたり）
2000	14～17回（10～14成分）	牛糞堆肥 2t、硫安 30kg、過石 20kg、硫加苦土 13kg、硫酸苦土 15kg
2006	10回（5成分）	発酵鶏糞 80kg、硫酸苦土 33kg、モグラ堆肥 190kg、味の有機 33kg、硫酸苦土 26kg
2013	10回（8成分）	発酵鶏糞 90kg、モグラ堆肥 200kg、味の有機 20kg、硫酸苦土 20kg

特別栽培を開始後2、3年は害虫の発生が多く、特にアブラムシは切れないことが多かった。カイガラムシが大発生し、畑を全滅させたこともあった。2013年の防除実績は、表5参照。

3. 質の高い特別栽培を目指して

堆肥中心の施肥に変更し減農薬するだけでは、発生する害虫への問題は解決できませんでした。土壌分析と施肥方法の変更で正常な生育を導き出し、植物生理の異常が原因とされるアブラムシ、カイガラムシ類の発生を少なくしてきました。しかし、どうしても発生するチョウ目害虫は、発生状況と農薬の散布時期を見極めることで対応してきました。

総合的病害虫管理（IPM）を参考に、使用する農薬は天敵や防除の対象としない昆虫に影響の少ない農薬を選択し、合成ピレスロイド剤、有機リン剤は使用しないようにしました。また使用農薬は、作用の異なる薬剤をローテーション使用し、対象害虫に耐性が付かないように心がけました。

牛糞堆肥は、pH、Ca、Kが上昇するので2006年から施用をやめました。くさい牛糞堆肥（雨に濡れるとウンコに戻る）を使用した畑では、モモハモグリガが大発生したこともありました。

私の地域では、陽イオン交換容量（CEC）が10 meq/100g前後と低く、生育後半に肥切れが起きるため、施肥時期は、9月上旬、11月、4～5月の3回に分けて施用しました。窒素の施用量は、山梨県の基準内に収まるよう留意しました（表2、3）。

表2 モモの施肥時期と肥料 (kg/10a)

時期	資材	施肥量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
9月上旬	発酵鶏糞	100	1.8	4.7	2.1	
11月	モグラ堆肥	200	8	14	6	
	硫酸苦土	20	0	0	0	5
4～5月	味の有機	20	1.6	1	0.6	
成分合計			11.4	19.7	8.7	5

表3 モモの山梨県施肥基準 (kg/10a)

樹齢（年）	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	苦土石灰
1～3	4	4	2	0
4～6	8	5	6	40
成木	12	8	10	60

4. 勘どころ、留意点

栽培に関する基本的な技術は必須です。気合では有機栽培はできません。病害虫は、見ればわかるようにする必要があります。それにはまず、記録を残すこと。施肥、防除、土壌分析値（表4）、病害虫の発生、気になることをノートに書き留めておくことが大切です。5年、10年と積み重ねることで貴重なデータとなります。



2013年の防除暦を表5に示しました。防除日は、県の病害虫防除所の発生予察、トラップ調査（山梨県ではインターネットで、これらの情報を公開）、農事気象予測、太陰暦、月の満ち欠けなどを参考にして決めています。

節間、芽の大きさ、芽の向き、葉色、厚さ、大きさなど注意して観察し、植物体の様子を考えるようにしています。また、うまくできた畑と失敗した畑を比較し、原因を探ります。

慣行栽培から特別栽培への切り替えは徐々にし、樹が慣れるまで急激に行わないことが大切です。

表4 土壌分析結果（圃場名 前田）

採土日	分析機関	pH	NO ₃ -N	NH ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	CEC
		(H ₂ O)	-----		mg/100g	-----			meq/100g
2000/9/24		7.4	1.5	1.6	125	49.1	268	16.4	12.4
2002/10/24		7.1	0.3	0.3	202	58.2	281	26.1	12.4
2007/10/19		6.6	0.2	0	248	59.3	217	33.9	11
2012/10/16		6.4	0.2	0.3	194	50.2	185	35.5	9

前田圃場では、表5に示した防除を行った。

分析機関： JA アグリ銚子タウン、 生科研、 JA とびあ浜松

牛糞堆肥の施用量：2000年、2001年は2t、2002年～2004年は1t、2005年より無施用。

イオウ華の施用量：2000、2004、2005、2012、2013年に25kg/10a。

表5 モモの2013年防除実績

散布日	使用農薬	希釈倍率（倍）	備考	成分カウント
3月12日	石灰硫黄合剤	20		
3月18日	スプレーオイル	50		
4月24日	モスピラン	4000		
	オンリーワン	2000		
5月3日	アプロード	1000		
	スターナ	1000	穿孔細菌	
5月28日	フルーツセイバー	1500		
	サムコル	5000		
6月20日	ベルコート	2000		
4月25日	フェニクス	200	樹幹散布	

農薬の散布回数は10回、有機JAS認証で認められていない農薬は8成分。

5. モモで有機JAS認証は可能か？

可能だと思います。ただし、収量は慣行の5～7割くらい。病虫害防除は必須、有機JAS認証で許容されている農薬を使用することが前提になると思います。

ほとんどの病虫害はある程度防除が可能です。しかし唯一防除できないのが、モモ灰星病とモモホモブシス腐敗病です。生物農薬（殺菌剤）のインプレッション水和剤がありますが、効果は安定しないとのこと。農薬の効果試験は、自園で試すにはリスクが大きすぎるため、研究機関の協力が必要です。

参考資料

耕地生態系を支える構成要素と機能

耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本

果樹の有機栽培実施上の課題と対応策

有機農業相談窓口一覧

有機農業の研修受入先をご紹介します

耕地生態系を支える構成要素と機能

1. 有機栽培と慣行栽培の違い

自然生態系において土壌生成の原動力であり、主体となっているのは、植物や土壌生物である。これら生物量の豊否が土壌の化学的・物理的機能の発現量に大きく関わっていることは、土壌学、生態学、生物学、地球科学等の各学問分野における広範な研究によって、明らかにされてきている。従って、地上部と地下部の生物量を高めることにより、ある一定レベルまで土壌の「植物生産機能」を高めることが可能である。

しかし、農業という経済活動においては効率性、作業性が重視されることから、単位面積当たりの収穫量を短期間に増加させ、大きさや外観品質、食味を向上させるための栽培技術が発達し、育種もそれを前提に行われてきた。すなわち、養分が不足すれば化学肥料を与え、土壌が固くなれば耕起を行い、病害虫が発生すれば殺虫剤や殺菌剤を散布し、雑草が養分や日光を競合すれば除草剤を散布するという技術である。これらは「速効性が高く」、栽培上の「問題点をピンポイントで解決」でき、さらに農家にとって特に「高い技術は必要としない」ため、すぐに普及拡大し、近代的な栽培技術として次々に採用されてきた。これにより 20 世紀後半から、作物を高収量で安定的に生産できるようになってきた。

このため、現在のほとんどの農家には、土壌の機能が、「土壌養水分を蓄える培地」か「植物を支える支持体」程度にしか認識されていないのではないかとさえ危惧されるほど、「本来の土づくり」がおろそかにされているように見られる。各都道府県の土壌改良目標においても、土壌の化学性、物理性に重きが置かれ、土壌生物に端を発する土壌機能についての指標は僅少である。

一方、有機農業は、「土壌が本来有する機能を発現させる」ことが基本となっており、慣行栽培に取り入れられてきた上記技術は基本的に行えない。そのため、有機栽培農家は「緩効的あるいは遅効的」であり、「総合的に問題点を解決」し、「農家の技量や知識に依存する」農業技術の修得が必要となってくる。従って、慣行栽培に慣れ親しんできた農家が有機栽培を行うに当たっては、初めて直面することが多く、迷いが多いことは容易に推測される。

そのため、有機農業を理解するにはまず、耕地生態系や土壌機能の複雑な関わり合いについての知識を学び、理解することが肝要である。現在、有機栽培を実践している農家は、栽培を通して土壌の変化、作物の反応（生育、収量、品質、病害虫など）等を観察・記録し、その土地に最も適した有機栽培体系を模索しながら構築してきている。また新しい有機農業技術の導入を試行錯誤しながら取り入れて適用性について検討を行っている。

現在の有機農業技術レベルは、化学肥料や化学合成農薬を施用しなかった昭和初期の栽培方法に戻っているわけではなく、分子生物学、生化学、物理学、植物学、動物学、昆虫学、微生物学、土壌学、作物学、園芸学、生態学などの各学問分野において、分子、組織、個体、個体群、生態系の各レベルで長年研究が行われ、「自然の本質」を追求することによって得られた研究成果によって、有機農業技術のメカニズム、適応性や有効性の範囲が明確になりつつある。

以下本項では、有機農業の可能性について理解を深めることを目的として、有機農業技術の基礎をなす自然生態系機能のうち、主として有機栽培の土壌管理技術を支える研究情報を中心に紹介する。

2. 土壌動物の機能

土壌中には種々の生物が存在しており、大きく土壌動物と土壌微生物に分かれる。土壌動物のバイオマスは、土壌微生物より少ないが、土壌の物理性の向上と維持という面では、なくてはならない存在である。金子（2007）は、既存の土壌動物生態研究を引用し、自然土壌、いわゆる「発達した土壌」は、生物によって作り出される様々な機能的な場（Domain）を構成していることを説明している。

デトリタス圏（落葉層で細菌やカビによる有機物が進行する。土壌動物の餌となる。）

根圏（根から糖類やアミノ酸などの形で微生物に利用しやすい炭素、窒素源が供給され、微生物が増加する。また根や根に共生する菌根菌が土壌から水分と栄養塩類を植物に運ぶ。）

土壌孔隙圏（土壌の隙間は土壌生物のすみかとして重要な意味を持つ。）

団粒圏（保水と排水の両方の機能を持つ。）

ミミズ生活圏（土壌に穴をあけるだけでなく、様々な作用を引き起こし、土壌を改変する。）

シロアリ圏（集団で巣を作り、土壌に孔隙をあけ、多量の有機物を移動させる。巣の周辺では栄養塩類の集積が起こったり、他の土壌動物の生息が変化したりする。）

アリ圏（同上）

図 - 1 は、上記 ~ のドメインを示している。このように土壌を巨視的から微視的まで階層的に見ると、多種多様な生物が、それぞれの生活空間を確保し、物質循環と

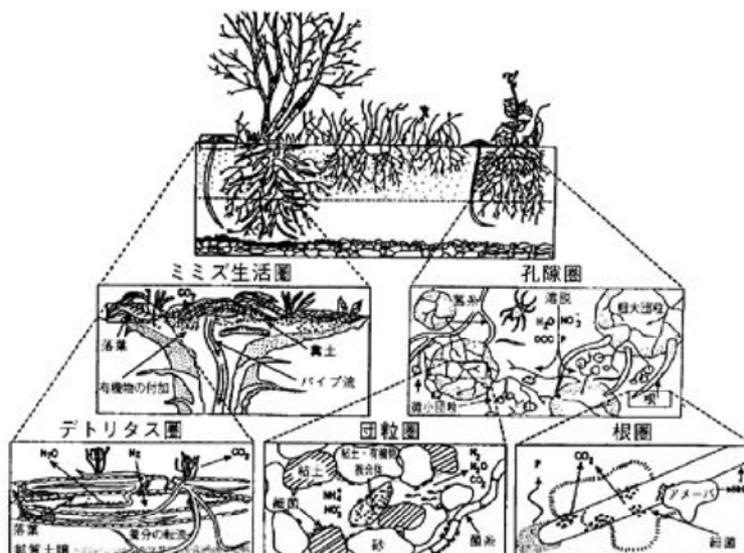


図 I-1 土壌の生物多様性が生態系の構造と機能に階層的に影響する因子（金子 2007）
各ドメインは、ミミズ生活圏（Drilosphere）、土壌孔隙圏（Prosphere）、デトリタス圏（Detritosphere）、団粒圏（Aggregatosphere）、根圏（Rhizosphere）。

複雑な生物相互作用を行っていることが分かる。金子(2007)は、土壌が土壌として存在・維持されるには土壌生物の働きが必須であり、土壌動物の機能は特に重要であると述べている。

このような多種多様で豊富な土壌動物を増加させるためにはどうしたらよいかであるが、中村(2005)は、不耕起、無農薬、前作残渣被覆、雑草刈取り放置でダイズとオオムギを9年間栽培し、土壌中の大型動物の数と種類を詳細に追跡している。その結果、不耕起無農薬栽培区のヒメミミズとササラダニの種数と個体数は、実験開始1年目から慣行栽培区に比べて高く、その後も経過年とともに増加する傾向が見られた(図-2)。

農耕地土壌にミミズ(大型ミミズ)が出現すると、その他のヒメミミズ、トビムシ、ササラダニ及び他のダニの個体数を増加させる(図-3)。これはミミズが土壌中に作るミミズ孔が重要な役割を果たしているとされている。ミミズ孔の壁にはつやつやした層(厚さ1~2mm)が形成される(写真-1)。この層にはミミズの粘液がしみ込んでおり、微生物が繁殖し、微生物食性のトビムシやセンチュウが多く、中村(2005)は、ミミズ孔が土壌生物の世界を創っていると説明している。

有機物とともにミミズを入れて作物を栽培すると、ミミズ無投入区に比べて収量が高

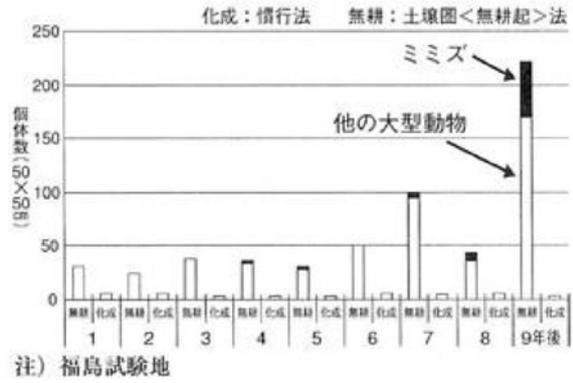


図 I-2 不耕起・無農薬・前作残渣被覆・雑草刈取り放置処理(無耕区)と慣行栽培処理(化成区)が土壌中の大型土壌動物個体数の年次変動に与える影響(中村2005)

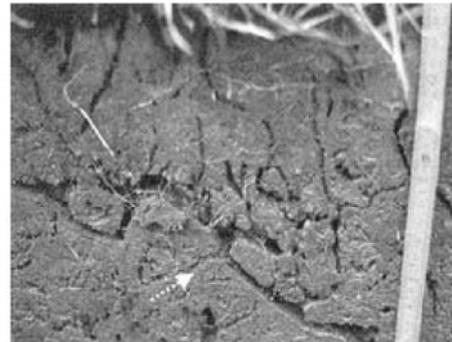


写真 I-1 ミミズが地中で動き回ることによってできるミミズ孔(中村2005)

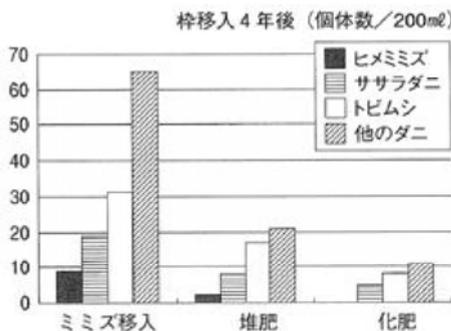


図 I-3 ミミズ移入による土壌動物数の効果(中村2005)

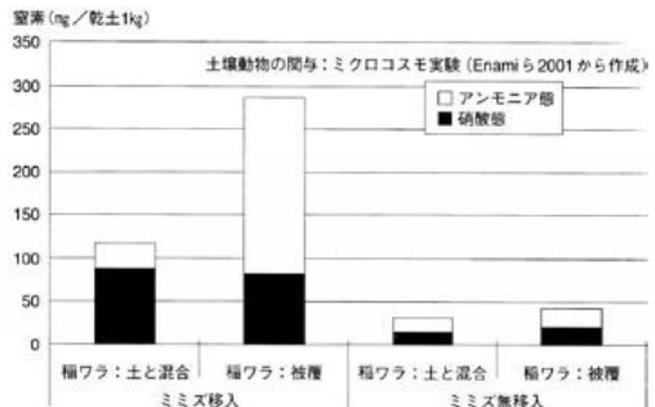


図 I-4 ミミズの移入による窒素の変化(中村2005)

表 I-1 センチュウの食性による分類と生態 (岡田 2002 より作表)

肉食性	大型で口腔に歯を持ち、他の線虫や微小動物を食べる。
雑食性	太い口針を持ち、有機物粒子や単細胞藻類等を飲み込む。
細菌食性	口針がなく、土壌水分中の細菌を飲み込む。3日で1世代を経過するなど増殖が速い。土壌の他、有機質堆肥中にも生息する。
糸状菌食性	口針を菌糸に突き刺して養分を吸収する。細菌食性に次いで増殖が速い。有機質堆肥にも生息する。一部の種は、植物病原菌に対する防除資材として利用されつつある。
植物食性	口針を植物根に突き刺して養分を吸収する。根の内部に進入して植物体全体の生育を阻害するネコブセンチュウ、シストセンチュウ、ネグサレセンチュウなどから、根の周辺にとどまり、根毛を摂食する程度のもので程度も様々である。

くなる(中村 2005)。これはミミズ孔による巨大な通気孔や透水孔を形成すると共に、ミミズ糞が団粒構造を発達させるなど、土壌物理性を向上させたことに加えて、土壌養分供給能力を向上させる化学的効果があることも認められている。土に稲わらを表面施用と鋤込み施用を行い、それぞれにヒトツモンミミズを入れたところ、ミミズを入れた処理区で土壌中の無機態窒素量が増加していた(図 - 4)。またミミズを投入した場合であっても、稲わらを土壌中に鋤込むよりも被覆した方が、効果が高く現れていた。これは、ミミズを介した有機物分解は、ミミズの生態特性によるものが大きく、自然状態と同様に粗大有機物は土壌表面に施用した方が、効率が高いためと考えられる。ミミズは地表の有機物を孔の中に引き込み、摂食、消化し、廃棄物により低分子化された窒素化合物が土壌中に放出している。すなわち果樹及び茶の有機栽培において、施用した有機物の肥効を高めるためには、土壌動物のすみかとなる植物残渣を土壌表面に施用し、さらにその地域に生息するミミズを積極的に投入することが一つの肥培管理技術として有用と考えられる。ミミズはいわゆるデトリタス連鎖の中では、有機物分解の最初の段階に位置する動物であるため、ミミズの積極投入により、たとえ C/N 比が高く、分解性の低い有機物であっても比較的早期に無機化を促進させることが可能である。

土壌動物の中でセンチュウ類は、ネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウ、シストセンチュウなどの植物寄生性のものが作物に加害するので、悪いイメージを持たれている。しかし、センチュウの種類は、調べられているだけで 2 万種に上り、その生態や生活環も多種多様であるが、その実態について多くは知られていない。岡田(2002)は、センチュウを食性から 5 つに分けている(表 - 1)。

このように作物に加害するのは植物食性のみであり、自然土壌では、雑食性、細菌食性、糸状菌食性センチュウが 90% 以上を占めるとされている。また肉食性、雑食性、細菌食性、糸状菌食性のセンチュウは、土壌中の有機物分解に大きな役割を果たしている。さらに病原糸状菌を食べるセンチュウも存在している。細菌食性と糸状菌食性センチュウは、窒素の無機化に大きく貢献していることが分かっており、種々の C/N 比をもつ有機物を施用し、センチュウを投入すると無機態窒素濃度が高くなり、しかも C/N 比が高くなっても、窒素無機化速度があまり低下しないので、ミミズ同様、土壌肥沃度の向上に貢献していると言える。

岩切(1986)は、花崗岩、三紀層、玄武岩の母材の異なる 3 地点のミカン園において、除草剤(プロマシルとパラコート)を連用している園と除草剤無使用園のセンチュウ

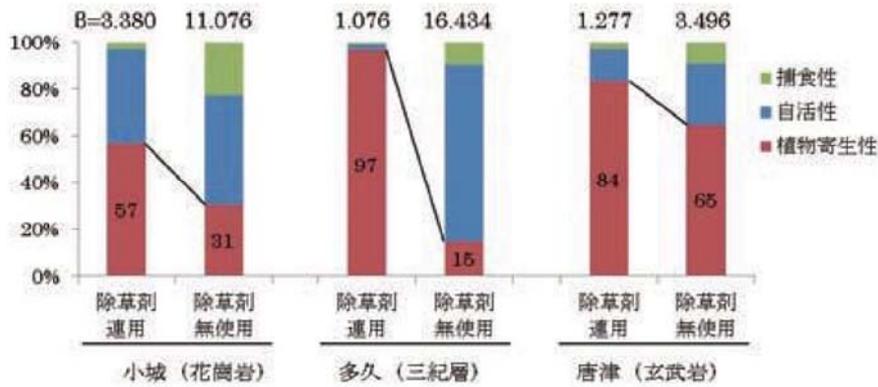


図 I-5 センチュウの食性割合 (0~10cm 土壌 100mL 当たり、1974 年 10 月 28 日)
(岩切 1986 より作図)

$$\text{多様性指数 } \beta = \frac{N_1(N_1-1)}{\sum n_i(n_i-1)} \quad \text{ただし、} N_1 \text{ は総個体数、} n_i \text{ は第 } i \text{ 番目の個体数とする。}$$

を調査している。その結果、全ての除草剤連用園では、植物寄生性センチュウの割合が高く、中でもミカンネセンチュウが圧倒的に優先していた (図 - 5)。一方、除草剤無使用園では、植物寄生性センチュウの割合は 3 地点の全てにおいて減少しており、その代わりに植物に無害で土壌生成や養分循環に寄与する自活性センチュウ (雑食性、細菌食性及び糸状菌食性) と捕食性センチュウの割合が増加していた。またセンチュウの多様性指数が高いほど、植物寄生性センチュウの割合が低下していた (図 - 6)。このことから、除草剤を使用せず、ミカン園を雑草草生管理することが、土壌中の生態系を量、質ともに豊かにし、センチュウの多様性を高めたために、植物寄生性センチュウ割合が減少したものと考えられる。

土壌中には肉食性センチュウだけでなく、原生動物、ミミズ、クマムシ、ダニ、甲虫等多種多様な動物が生息しており、これらの一部はセンチュウを捕食して生活している (写真 - 2)。センチュウは土壌中の個体数

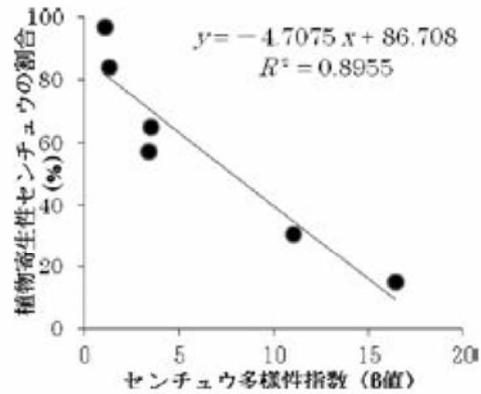


図 I-6 センチュウの多様性と植物寄生性センチュウの割合 (岩切 1986 より作図)



写真 I-2 センチュウ (左) を食べるクマムシ (右)
(中村 2005)

が多いことから、多くの土壌動物の餌ともなっており、有機栽培の果樹園における土壌養分動態に対する影響も大きい。

土壌動物の中で、トビムシは中型乾性動物類の中で、サララダニと共に密度が高いため、「土のプランクトン」と言われており、様々な動物の餌となっている。一方、トビムシは病原性糸状菌を摂食することにより、病害を抑制する機能を有している。中村(2005)によれば、寒天培地上に病原糸状菌を繁殖させ、トビムシをその容器に入れると、表面の菌糸を移動しながら摂食し、その行動様式はトビムシの種類や病原糸状菌の種類によって異なるとい

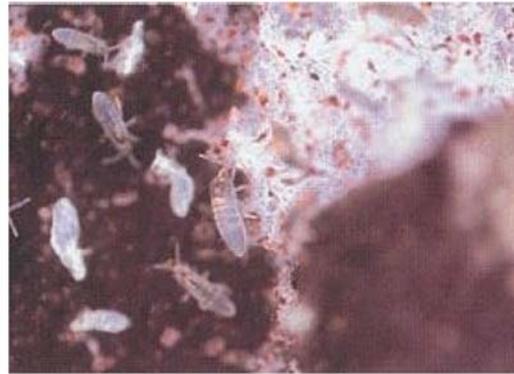


写真 I-3 アズキ白紋羽病菌を食べ、病害発生を防ぐアイロハゴロトビムシ (中村 2005)

例えばアイロハゴロトビムシは、白紋羽病菌を培地表面がツルツルになるほどに食べるが、培地は食べなかった(写真 - 3)。ヒダカホルソムトビムシでは、菌糸を食べ終わった後に、菌糸の増殖により変色した培地を食べた。土壌中において、菌で育ったトビムシは根の周囲を徘徊し、菌糸を食べるが根は食べない。これを応用してトビムシ移入実験をしたところ、キュウリつる割れ病(開花まで)、ダイコン萎黄病(発芽から3週)、キャベツ苗立枯病(発芽から3週)、アズキ白紋羽病(発芽から3週)の感染抑制が確認されている(中村 2005)。

3. 土壌微生物

土壌中に最も多量に存在している生物は、微生物である。土壌中に生息する微生物の種類は、分類学上も進化過程においてもかなり広範にわたっている。原核生物では真正細菌と古細菌、真核生物では菌類と原生動物に大きく分類される。細胞の大きさは0.2~10 μ m(1 μ m=0.001mm)と小さく、代謝活性は非常に高く、栄養やエネルギーの獲得方式も多岐にわたるため、土壌中の化学変化の中心を担っている。繁殖力が旺盛で、例えばブナの葉1枚を分解する糸状菌の菌糸長は5000mとも言われる。土壌微生物の作物生育との関わりに関する一般的な機能については、次節で解説するので、ここでは有機栽培に特徴的なことを紹介する。

岩切(1986)はミカン園での除草剤影響試験において微生物相の検討を行ったが(図 - 7)、除草剤を使用すると微生物相からみると好ましくないカビ型土壌になり、(放線菌+細菌)/糸状菌で計算される指数が低くなっ

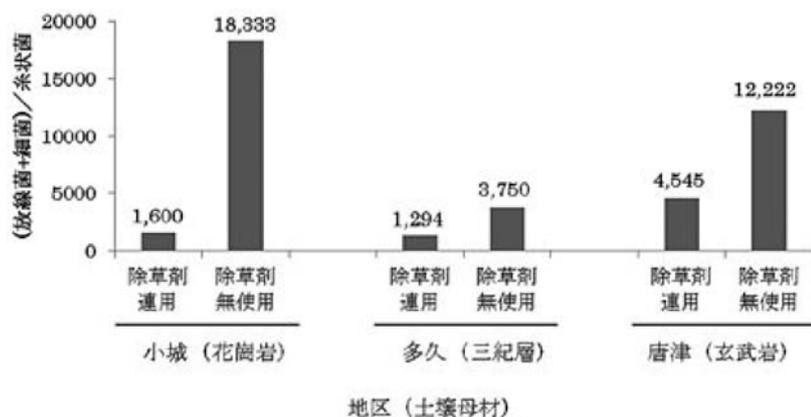


図 I-7 糸状菌に対する放線菌と細菌の比 (岩切 1986 より作図)

た。さらに糸状菌フロラはペニシリウムやアスペルギウス属などが減り、土壤病害菌種が多いフザリウム属の比率が増加している。これは、除草剤使用による園地への有機物還元量の低下、表層土壤団粒の崩壊、土壤 pH の低下、地温や土壤水分の変化による土壤性状の悪化が主因と考えられている。一方、除草剤未使用の園では(放線菌+細菌)/糸状菌の指数が高く、病害発生が少ない、健全な土壤微生物相を形成しているとみられる。

このように、除草剤の使用は土壤生物の減退を導き、土壤微生物相を病害に侵されやすい環境に導くことがある。一方、有機栽培では除草剤が使用されないため、植生が存在し土壤に有機物が蓄えられ、土壤生物が豊かになり、土壤微生物相もカビ型になりにくいと考えられる。

4. 菌根菌

糸状菌には、植物の根に共生して土壤からリンなどの養分を吸収し、宿主植物に供給すると共に、植物からは光合成産物などを獲得しているものがある。一般に菌根菌と呼ばれ、植物に感染することにより、養分吸収能力が飛躍的に向上するほかに、耐乾性、耐塩性、耐病性などのストレスにも強くなると言われる。宿主、菌種、形態から、アーバスキュラー菌根、外生菌根、内外性菌根、エリコイド菌根、アプトイド菌根、モノトロポイド菌根、ラン菌根の7つに分類されており、陸上植物の約8割は、いずれかのタイプの菌根を形成していると言われている(日本生態学会 2011)。菌根菌と植物の関係については、すでにデボン紀から植物と菌根菌の共進化が始まっていることが、分子系統樹を照合することにより明らかになっており、植物が過酷な環境下でも生育を可能にしてきた鍵



写真 I-4 クリの菌根 (石井 2007)

上: アーバスキュラー菌根 (60 倍拡大)

下: 外生菌根 (20 倍拡大)

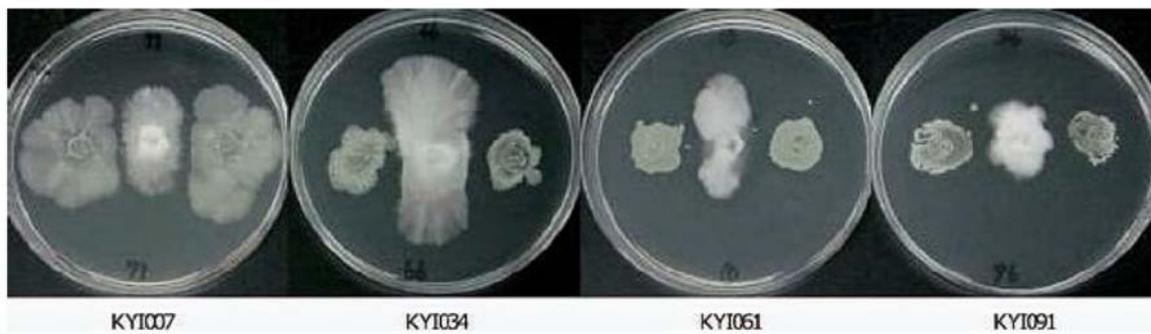
となっている。果樹においてもほとんどの樹種で菌根菌が感染することが知られている(写真 - 4)。有機栽培では、肥料が有機態であるため、一旦、土壤微生物による分解を受けてから植物に供給されるために、肥効が遅いことが問題となる。しかし、菌根菌の感染によって、吸収しにくい有機態養分を効率よく吸収できると考えられる。

菌根菌の興味深い特長として、「菌根ネットワーク」が挙げられる。菌根菌は、宿主範囲が広いために、近隣に2つの植物が存在すると、両方に感染してしまい、2つの植物がつながる状態が生じる。これが「菌根ネットワーク」である。その場合も、それぞれの宿主植物から光合成産物を受け取り、土壤から必要な養分を菌根を介して宿主に供給するが、例えば宿主 A が窒素不足の場合は、マメ科植物の根から窒素化合物を受け取り、宿主 A に供給したり逆に宿主 A の近くに存在するリンをマメ科植物に供給していることが明らかになっている。光合成産物も同様に他の宿主に供給されるという。このような互助システムは、植物の安定的な養分吸収に大きく貢献していると考えられている。

このような機能性の高い菌根菌ではあるが、菌根菌が宿主に感染しにくかったり、機能が低下する場合がある。その原因の1つは土壌への殺菌剤散布であり、感染率が半分以下になる例もある。2つ目は、土壌中の可給態リン酸濃度が50ppmを超える場合には、感染率が大きく低下する。これについては現在、植物ホルモンであるストリゴラクトンの根からの分泌量が減少して、菌根菌の感染誘導を行わないためと説明されている。以上、2つの菌根菌の感染抑制因子については、有機果樹作では生じにくい状況であると考えられ、菌根菌は有効に機能しているとみられる。菌根菌は、政令指定の土壌改良材として登録され、有効性が確認されており、育苗時に優良菌株を接種することが効果的である。またナギナタガヤなど草生栽培は、土壌中の菌根菌密度を高め、果樹根への感染率を高めることが明らかとなっている。

5. 病害拮抗微生物

土壌微生物は、他の生物と同様に土壌中で生存するための戦略を持っている。土壌中では、栄養や生息空間の競合が生じており、特定の微生物は抗菌物質を生産していると考えられている。最もよく知られたものは抗生物質であり、産業的に多量に生産されているが、土壌中における生産量についての知見は、根圏などの限られた範囲でしか得られていない。しかし、植物病害を抑制する働きのある多くの微生物が単離されている。石井(2007)は、ナギナタガヤとバヒアグラスが果樹の重要病害である白紋羽病菌の生育を阻害したことを報告している。メカニズムについては、それぞれの草種組織から分泌・揮発する物質などを検討する必要があるとしているが、これらの草種には拮抗菌が生存していたことを明らかにした。拮抗菌と白紋羽病菌を対峙培養すると明らかに阻害効果が見られる(写真-5)。なお、実際の発病抑制効果については、今後明らかにしていく必要がある。



写真I-5 ナギナタガヤ及びバヒアグラスから分離した白紋羽病菌にたいする拮抗微生物(石井2007)
中央に白紋羽病菌を、その左右に拮抗微生物を置床した(培養4日後)。

6. 窒素固定

窒素養分は植物にとって必須であり、植物が生育する上では最も欠乏しやすい元素である。特に農業において窒素養分は、収量や品質に大きな影響を及ぼすため、農業者による肥培管理の中心となっている。

自然界では窒素施肥は行われていないが、植物は土壌等から窒素養分を吸収し、生育しており、その給源のほとんどは窒素固定であると考えられる。窒素固定は、微生物がATPを用いて大気中の N_2 ガスをアンモニアまで還元して体内で同化するものである。植物は微生物が同化した窒素を吸収したり、共生関係にある場合はアミノ酸やウレイドなどの形態で直接、微生物から供給されていることが明らかにされている。

窒素固定は、土壤中の窒素濃度が高い時には行われぬ。これは窒素固定の主体であるニトロゲナーゼ酵素の活性阻害レベルやニトロゲナーゼ遺伝子の発現レベルなど、各段階において制御されているためである。つまり土壤中の硝酸態窒素やアンモニア態窒素濃度が高いと微生物は窒素固定を無理に行わず、土壤中の無機態イオンを吸収するのである。さらに無機態窒素濃度が高い時には、窒素固定菌であっても脱窒を行い、土壤中の無機態窒素濃度レベルを下げたものまで存在する。

サトウキビは窒素固定菌をエンドファイト（内生菌）としていることが知られており、植物体内で窒素固定が行われている。図 1-8 はサトウキビ 3 品種を用い、硝酸態窒素の添加を途中で中止した時に窒素固定が回復し、窒素固定寄与率（固定された窒素が全窒素中に占める割合）にどの程度影響を与えるかを調べた結果である（西口ら 2005）。硝酸態窒素を 90 日間与え続けると窒素固定由来の窒素は、3 品種とも 10% 程度であるが、栽培途中で硝酸態窒素の供給を停止すると品種間差は見られたが、窒素固定の抑制要因がなくなり、大幅に窒素固定量が高まった。このように窒素固定は無機態窒素濃度により鋭敏に反応し、コントロールされている。

慣行栽培においては、アンモニア態窒素を中心とした施肥が行われており、土壤中の無機態窒素濃度が比較的高いため、窒素固定は行われにくいと考えられている。窒素固定が効率的に行われるのは、マメ科植物と根粒菌の関係であるが、ダイズ慣行栽培においても、根粒着生を促進するために、優良な根粒菌の接種と窒素肥料の減肥はセットで考えられている。

有機栽培においては、有機物が分解してアンモニア化成が行われ、さらに硝化によって硝酸が生成するため、土壤中の無機態窒素濃度は比較的低く安定して推移していると考えられる。このため、窒素固定を阻害及び抑制する要因は低く、窒素固定菌の基質は多く供給されるので、窒素固定活性は高いと考えられる。しかし、高温時に易分解性有機物を多量に施用した場合は、化学肥料を施用した場合と同じ状況になるため、窒素固定が阻害されることはあり得る。

7. リン溶解菌

リンは石油と同じように有限資源であり、資源枯渇が叫ばれている。リン資源国であるアメリカや中国の輸出制限や生産コストの増加、それに伴う価格上昇は、リン資源を 100% 輸入に依存している我が国にとっては喫緊に解決すべき大きな問題であり、リン資源の有効活用とリサイクルは将来にわたる必須課題である。

リンは、土壤に施用されるとその多くがカルシウムやアルミニウム、鉄などと結合して不可給態化する。また植物に一度取り込まれたリンもフィチン酸の形態となり、難分解であるため肥効を期待しにくい。さらにリンは過剰障害が出にくい元素であり、農家は毎年多量に施用するので、日本の農耕地土壤には多くのリンが蓄積していると

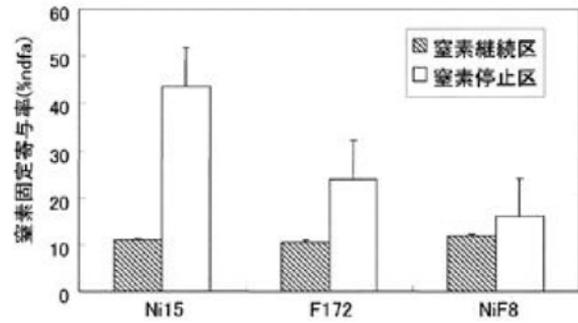


図 1-8 サトウキビ3品種において硝酸態窒素の添加が窒素固定寄与率に与える影響（西口ら 2005）

窒素継続区：0.5mM KN^{15}O_3 を 90 日間継続施用
 窒素停止区：後半の 45 日間を無窒素で培養垂線：標準偏差

言われる。このような難溶性リンを土壤微生物が溶解し、植物に供給していることが明らかになっている。リン溶解菌には硫黄酸化細菌、硫酸還元菌、有機酸生成菌が含まれるが、果樹栽培では有機酸生成菌が働くものと考えられる。

西尾・木村(1986)は、有機酸生成型のリン溶解菌を利用したリンの溶解・供給技術を開発した。土壤にはすでにリン溶解菌が多く存在している。そこに易分解性有機物を施用すると、リン溶解菌が急速に増殖して有機酸を生成し、土壤中の不可給態化したリン酸塩を溶解する。溶解したリン酸はその近隣の通常微生物にも吸収されてバイオマスリンに変換される。やがて微生物が死滅すると、自己溶解が生じ、核酸やリン脂質などの比較的吸収性の高い化合物が細胞外へ放出される。菌根菌菌糸が近くにあれば、それらのリン化合物を効率的に吸収できるということになる。有機栽培では、易分解性有機物を施用することも多いので、この技術は利用しやすく有用と考えられる。

有機態リンのほとんどはフィチン酸の形態をとるが、土壤に生息する糸状菌の多くが強いフィターゼ産生能をもっている。フィターゼはフィチン酸を分解する酵素であり、フィターゼ高生産菌分離株と作物残渣や緑肥作物、雑草などの植物資材を組み合わせることで、フィチン酸分解菌の密度を高め、有機リン分解活性を向上させることが可能である。

8. 土壤酵素

これまで土壤中の生物が耕地生態系を形成すると共にお互いにバランスを保ち、土壤中の物質循環を担っていることを解説してきた。しかし、生物でないものも物質循環に関わっている。それが土壤酵素である。土壤生物は植物根を含めて、死滅すると自己消化あるいは微生物分解により細胞内容物が土壤中に放出される。その中には各種の土壤酵素が含まれている。また土壤微生物が菌体外酵素として生産している。

代表的なものはタンパク質を分解するプロテアーゼ、糖類の加水分解を行う β -グルコシダーゼ、リン酸エステルから無機リンを放出するフォスファターゼなどである。これらの酵素は粘土化合物や有機物等に結合して安定化し、活性を呈すると考えられている。

図 9 に伊予柑及びブドウ園の土壤 β -グルコシダーゼ活性の比較を示した。イヨカン及びブドウ園とも有機栽培区の活性が高く、慣行栽培で低下していた。これは有機栽培区の土壤微生物が植物残渣や有機質肥料を分解するために、菌体外酵素を多量に分泌していることを示していると考察される。各土壤酵素活性と土壤肥沃度との関係を解明する研究も行われており、 β -グルコシダーゼ活性は、比較的相関係数が高いとされている。

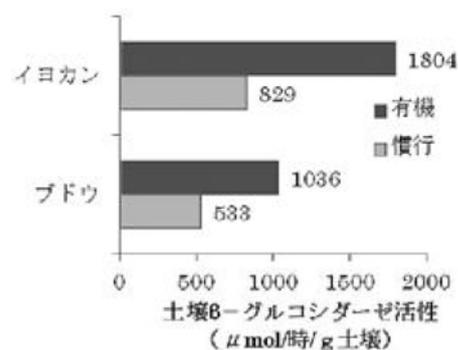


図 9 有機及び慣行栽培におけるイヨカン及びブドウ園の土壤 β -グルコシダーゼ活性比較

(愛媛大学農学部附属農場の実証調査結果)

9. 耕地生態系を活かす有機栽培への期待

土壤微生物の機能は、土壤肥沃度を左右する重要な因子であるため、長年、土壤微生物研究が進められ、その中で種々の有用な微生物の特性が明らかになり、農業技術として利用されてきた。しかし、研究が進むにつれて、低栄養微生物や培養ができない微生物の存在が明らかとなり、さらにそれらの微生物が土壤微生物の多くを占めることが分かってきた。

一方、遺伝子解析を基礎とする分子生物学の技術革新が急速に進み、生物のポテンシャルを遺伝子で解析できるようになってきた。今までブラックボックスであった土壤微生物の世界に新たな光が差し込み始めている。例えば、FISH法は細胞の形態や分布などの位置情報を残したまま、特定の機能(遺伝子)を持っている微生物だけを光らせることができるため、微生物機能と生態の両方の情報を手に入れることが可能となった。またDNA-SIP法は、安定同位体元素でラベルした物質(基質)を用いることにより、その物質を分解できる微生物だけを選択的に検出することが可能である。さらに土壤微生物全てを検出するメタゲノム解析まで可能な時代になってきた。しかしながら、土壤微生物生態の全体像を解明するには、さらなる研究が必要である。これらの研究成果が有機農業の技術として活用できるようにするためには、官民を挙げた応用研究が不可欠であり、これら基礎・応用研究が加速されることを期待したい。

生物には恒常性を保とうとする能力(ホメオスタシス)があり、免疫機能など、健康な状態に保とうとする機能を備えていることが知られている。一方、自然生態系には、多様な植物、動物、微生物の各生物個体や個体群が、ちょうど細胞組織や器官のように機能を発揮し、バランスを取ることで、ある一定の平衡状態に保つ働きがあることが示されてきている。安定した生態系の中で果樹や茶の栽培を行うことは、作物にとっても好適条件であると言える。永年性作物の有機栽培は、基本的に不耕起であり、土壤表面には有機物が施用され、土壤生物が多量に繁殖・生息するため、野菜や穀物栽培よりも農耕地生態系レベルが高く維持される。しかしながら、病虫害が多量に発生した場合には、生態系のバランスの崩れがないかをチェックし、原因を取り除いたり、管理法を改善する必要がある。また有機栽培農家は、害虫のみならず、多量に存在する土壤動物にも注意し、「農家は土を育て、土が作物を育てる」という意識を持つことが肝要である。

また肥培管理については、土壤が本来有している養分供給能力、作物が本来有している養分吸収能力を最大限に生かすことが、有機栽培を成功させる鍵になるので、長期的な見通しに立った土づくりを行うことが必要である。

引用文献

- 1) 石井孝昭(2007)草生栽培と土壤微生物相. 農業技術体系 果樹編 第8巻 共通技術(草生管理-草生栽培をめぐる新研究)草生管理 3~6-1-8
- 2) 岩切 徹(1986)土壤生物相の変化(樹園地). 農業技術体系 土壤施肥編 第5-2巻 樹園地の土壤管理(土壤変化の動態と要因)樹園地 7-12
- 3) 岡田浩明(2002)土壤生態系における線虫の働き:特に無機態窒素の動態への関わり. 根の研究 11(1): 3-6
- 4) 金子信博(2007)『土壤生態学入門-土壤動物の多様性と機能-』. 東海大学出版会
- 5) 中村好男(2005)『土の生きものと農業』. 創森社

- 6) 西尾道徳・木村龍介(1986)リン溶解菌とその農業利用の可能性 .土と微生物 .28: 31-40
- 7) 西口友広・清水友・大田守也・佐伯雄一・赤尾勝一郎(2005) ^{15}N 同位体希釈法によるサトウキビの固定窒素量の推定 .宮崎大学農学部研究報告, 51:53-62
- 8) 日本生態学会(2011)シリーズ 現代の生態学 11 微生物の生態学 .共立出版

(本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』12~21ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである)

耕地生態系の機能を高める有機栽培技術の基本

1. 土づくりと施肥管理が有機栽培を安定化させるメカニズム

有機 JAS 規格の原則の一つとして、「土壌の性質に由来する農地の生産力を発揮させること」が明記されている。永年性作物の有機栽培においても、土づくりを計画的に行い、チェックし、改良を行うことで、土壌の総合的な生産力が向上し、高品質な作物を安定して生産させることが可能になる。

永年性作物の植物栄養学的特徴は、単年性作物と違い作物体（樹体）の葉、茎、根部に養分をある程度蓄積することができる点である。中でも果樹は樹体が大きく養分蓄積量（リザーバー）が大きいいため、供給源（ソース）である土壌養分や施肥管理が多少変化しても、単年性の作物ほどには生育や収穫物（シンク）に影響は現れにくい。そのため施肥の省力化を図ることから、一般に施肥回数は単年性作物より少なく、1回の施肥量は多い。しかし相対的に影響が出にくいということは、樹体の養分状態が欠乏状態であったり、アンバランスであったりする場合は、回復や矯正のために、ある程度の長い時間が必要になることも意味する。そこで、安定的に高品質の農産物の生産を行うためには、定期的に樹勢の観察を行い、リアルタイム診断等で養分状態を把握することが必要である。

1) 作物による有機態養分吸収

慣行栽培では化学窒素肥料が施用されると、土壌中で溶解し、アンモニア態窒素が放出され、一部は作物に吸収されるが、多くは土壌微生物により硝化作用を受けて硝酸に酸化され、作物に吸収される(図 - 1)。化学肥料由来の窒素は、土壌中で交換性アンモニアとして一時的な固定、土壌生物による有機化、溶脱や脱窒・揮散にも分配されるが、肥料の溶解から硝化、吸収に至る経路は比較的単純である。このため、速効性肥料であれば、施用後、速やかに作物へ吸収される。このことから生育ステージに合わせて肥効調整を短期間で簡単に行えると言える。また短期的な窒素吸収量が予測しやすいので施肥量も確定しやすい。このことから、化学窒素肥料施用は土壌中の窒素回転を速めるとともに、作物の収量や品質、窒素利用効率、環境保全等に大きく関わるため、数多くの土壌や作付体系で研究が行われ、詳細な解明が行われて知見が蓄積し、施肥の最適化が進められてきた。

一方、有機栽培においては、施用窒素のほとんどが有機態であるため、複雑な経路を辿ることになる。まず施用される有機質肥料は、種々の堆肥、食品残渣、植物残渣や草生栽培における残根等であり多様である。施用された有機物は、土壌微生物によって化学的に分解されると共に、ミミズ、トビムシ、ダンゴムシや甲虫の幼虫等の土壌生物

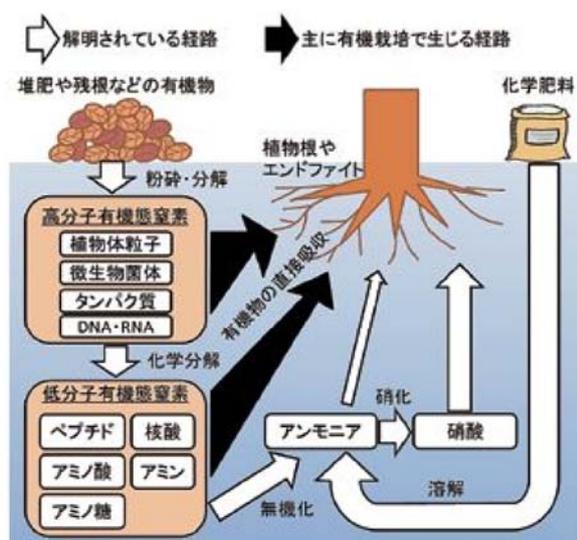


図 II-1 土壌中における有機物及び化学肥料由来窒素の動態 (模式図)

によって物理的に粉碎される。この段階は多くの食物網が関わり、代謝回転しているので大変複雑ではあるが、ここでの生産物を便宜上、植物体粒子、微生物菌体、タンパク質、DNA・RNAなどの「高分子有機態窒素」と、ペプチド、核酸、アミノ酸、アミノ糖、アミンなどの「低分子有機態窒素」に分ける。

大きな流れとしては、有機質肥料が高分子有機態窒素に粉碎・化学分解して低分子有機態窒素になり、低分子有機態窒素が化学分解や脱アミノ化によって無機態のアンモニアを生成することが解明されており、あとは化学肥料由来のアンモニアと同様な経路で作物に吸収されると考えられている。

このように有機栽培では、肥料施用からアンモニアに至るまでの経路が複雑であり、多くの生物が関与するため、一般に肥効発現が遅いこと、生物種、気温、地温、水分、酸素濃度などの環境要因によって肥効が大きく変動することから、施用量を確定しにくいと言える。特に開園当初で土壤生態系が確立していない場合は、これらの環境変動が大きく、作物による吸収量を予想しにくい。これが有機栽培導入における一つのハードルになっていると考えられる。

しかし、植物吸収には、すでに解明されている無機化してからの吸収経路に加えて、有機物を直接吸収する経路の存在も明らかになりつつある。現時点ではまだ研究例は限られており、知見は断片的であるが、この有機栽培特有の養分吸収経路の全容が解明されれば、有機農業の植物栄養学的な利点に位置づけられる。

植物根による有機物の直接吸収現象について、1960年に McLaren らは、オオムギがタンパク質であるリゾチウム、リボヌクレアーゼ、ヘモグロビンを植物根が直接吸収したことを報告した。我が国では Nishizawa and Mori (1977) が、水稻根による巨大有機物の直接吸収を報告し、その後一連の研究の中で電子顕微鏡による観察等により、細胞が巨大分子を飲み込むエンドサイトーシス (endocytosis、食作用と飲作用) 過程を詳細に示した (図 - 2)。まず、ヘモグロビン粒子が細胞膜の外側に付着すると、それを包み込むように細胞膜が内側に陥入する。そしてヘモグロビンを内包する球体が形成される。さらにその球体が液胞 (タイプ I) や小胞体 (タイプ II) に取り込まれ、溶解酵素によって消化され、植物に利用される。Yamagata and Ae (1996) は、有機質肥料を与えると窒素吸収量が高くなる作物種が存在することを示し、その後 Matsumoto et al. (2000) が、チンゲンサイとニンジン (タンパク様物質の PEON (1/15M リン酸緩衝液で土壤から抽出される有機態窒素)) を直接吸収していることを明らかにした。阿江・松本 (2012) によれば、PEON 抗体を用いた実験で、PEON がホウレンソウの根から吸収され、地上部導管部まで達していることを示してお

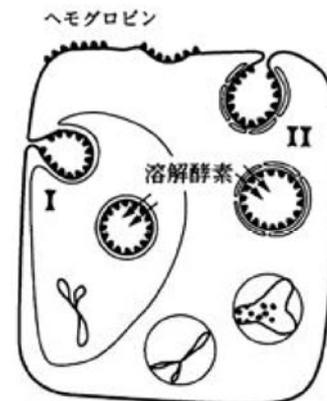


図 II - 2 水稻根の皮層細胞によるヘモグロビン
取り込み機構 (食作用) の模式図
(西沢 1992)

タイプ I : ヘモグロビンが細胞膜上に結合すると、細胞膜が陥入して食細胞を形成し、液胞へ入り込み、そこで酵素分解を受ける。

タイプ II : ヘモグロビンを持った食液胞が、食作用によって誘導された小胞に囲まれ、そこで分解酵素の作用を受ける。その後、新しい異食作用液胞ができる。

り、特定の植物には吸収だけでなく移動経路も存在する可能性が明らかになっている。アメリカでも、土壤中にグロマリン (glomalin) という高分子糖タンパク質の存在が明らかになっており (Wright and Upadhyaya 1996) 1/10M ピロリン酸ナトリウムや 50mM クエン酸ナトリウムで抽出されている。菌根菌が水分や栄養などの生育条件を安定化させるために土壤中に生成していると考えられている。抽出方法、組成、分子量、難溶性、難分解性の点から PEON と同じか近縁の物質である可能性が高い。グロマリンは土壤肥沃度の原動力になっていると評価されているが、グロマリンの植物根による直接吸収についての研究は行われていない。

作物による有機態窒素の直接吸収に関する量的解明においては、Yamamuro et al. (2002) が安定同位体である ^{13}C と ^{15}N で同時ラベルした牛糞堆肥を施用して、牛糞由来炭素と窒素の吸収量を測定している。その結果、有機稲作では施用初年度に堆肥由来の炭素と窒素をそれぞれ施用量の 2.16% と 17.2% を吸収していた。トウモロコシはさらに高く、13% と 10% であった。さらに吸収した堆肥由来炭素は主に根部に蓄積しており、エンドサイトーシスによる吸収を支持するものであった。松山ら (2003) は、水田に有機物を 5 年間連用した時の水稻による有機物由来窒素の吸収量について ^{15}N 実験データを元に推測し、有機物を連用することにより有機物由来窒素の吸収量が年々増加することを示している。さらに、植物根の有機養分吸収には、菌根菌やエンドファイト (おもに細菌、菌類などの内生菌) が大きな役割を果たすことが明らかになっている。エンドファイトがハクサイに感染した場合は、牛血清アルブミンタンパク質の他に、ハクサイ単独では吸収しにくいバリン、ロイシン等のアミノ酸の吸収が増加していた。低分子有機態窒素の吸収において、菌根菌やエンドファイトは大きな役割を果たすと考えられる。

さらに興味深いことに、ハクサイ自身が吸収しやすい硝酸やアスパラギン、グルタミンなどを単独施用すると、菌の感染がハクサイの生育や窒素吸収量を逆に低下させることが明らかになっている (成澤 2011)。すなわち化学肥料を多用する土壤では、菌根菌やエンドファイトが感染しにくいので、有機態窒素が存在しても吸収能力が低い、硝酸態窒素を効率よく吸収することができる。逆に有機栽培を行うと、菌が根に感染して、積極的に有機態養分の吸収能力を高めることができる。さらに病原菌の感染を抑制させる効果も高くなる。施用する肥料の種類が異なることで、植物の養分吸収過程が大きくシフトすることを意味するものである。

以上のように、有機栽培圃場において施用された有機物が無機化過程を経ないで、直接作物に吸収されるメカニズムが明らかにされつつある。直接、有機物が吸収されるということは、吸収や代謝時に行われる硝酸の積極吸収や転流、硝酸還元、窒素同化、アミノ基転移などの ATP を必要とする数多くの反応を省略でき、また呼吸により消耗する光合成産物量が節約できるので、植物にとって大変有利と言える。冷害で日照不足の時に有機栽培の作物は収穫量があまり減少しないのは、このことが理由の一つと考えられているが、さらなる学術的な証明が待たれるところである。

果樹での有機物の直接吸収に関しても、上記のメカニズムが働いていると推察される。特に菌根菌やエンドファイトは果樹への感染が認められており、主要な養分吸収経路であると考えられる。しかし、果樹における研究例はほとんど見当たらない。これは、果樹は永年性作物でありサンプル調製に時間が掛かる、1 サンプル当たり重量が大きい、大きさや形状が揃ったサンプルを作るのが難しいなどの研究上の理由によるもの

が大きいとみられる。今後、有機質肥料の重要性や有効性が明らかとなり、この方面の研究がさらに拡大深化することにより、永年性作物における有機物の直接吸収機構の研究知見が蓄積されることが期待される。

2) 安定した土壌養分の供給

有機栽培においては、施肥として有機質資材を施用することにより、土壌動物による粉砕、土壌微生物による化学的分解が行われ、緩効的に養分供給が行われるが、それと共に植物体の一部は微生物作用や化学的重縮合により腐植物質へと化学変化を受ける。腐植物質の官能基であるカルボキシル基は陽イオン量を保持する能力（陽イオン交換容量または塩基置換容量：CEC）があり、土壌中の CEC は増大する。このことは土壌の基本機能である養分供給機能を増強することにもなるため、安定した果樹生産のための大きな柱と言える。

慣行栽培においても土壌機能の向上は重要であり、有機物施用は必要な土壌管理技術の一つともなっている。しかし腐植の生成には長期間が必要であり、施用有機物が分解・化合を受けて最終的に腐植として残存するのは、施用量の数%と考えられていることから、長期的な視野で土壌改良（地力向上）を目的とした有機質資材の投入を行う必要がある。

3) 根域の増加と土壌生物の活性化

果樹は永年性作物であることから、周年、有効土層に根系が広がっているため、基本的に耕起を行えない。いわゆる不耕起栽培であるため、人や作業機等の踏圧により根域が硬化（圧密）してもそれを短時間で回復することは容易ではない。有機栽培では、施肥としての成分の高い有機物の他に、敷きわらなどの有機物マルチや雑草を含むカバークロップを利用することが多い。地表面にある程度の厚さで有機物が存在すると、地表への直射日光の遮断、通気の制限、蒸発の抑制が生じるため、土壌の表層は比較的湿潤で安定した温度環境が維持される。

また、豊富な有機物も存在するため土壌微生物が繁殖する。さらに、植物遺体や微生物を餌とする土壌動物（ミミズ、トビムシ、ダンゴムシ、ダニ類、甲虫の幼虫等）

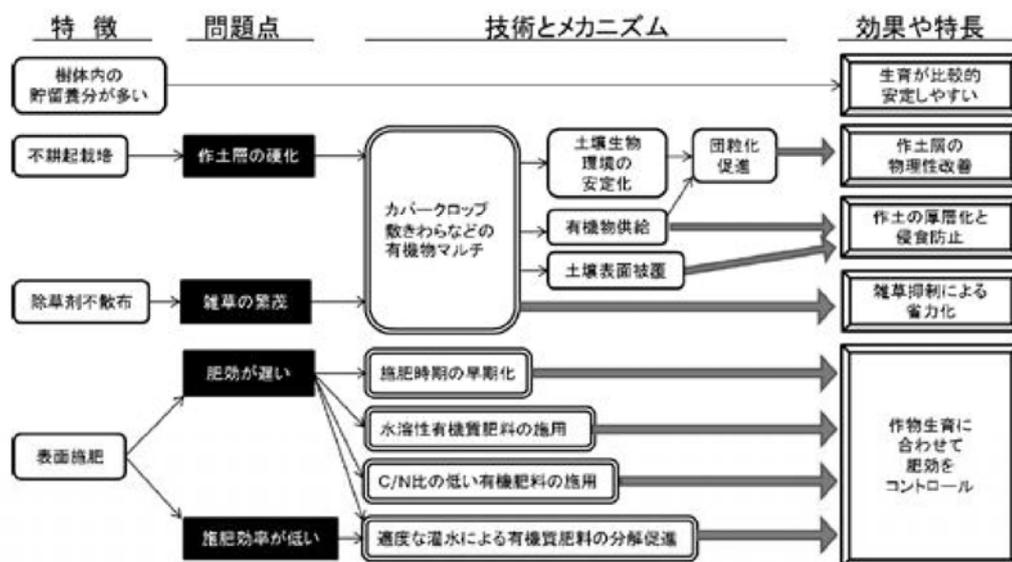


図 II - 3 樹園地土壌の特徴、有機栽培における問題点及び解決技術とメカニズム

が高い密度で繁殖し、活動を活発化させることにより、土壌中に無数の巨大孔隙（マクロポア）や土壌団粒ができ、いわゆる土壌生物による耕起が行われる。これにより、土壌の物理性（通気性、透水性、保水性、植物根の伸張）が大きく改善される。また土壌生物による耕起はマイルドであり、物理的に作物根を痛める心配はない。しかしこの土壌生物による耕起もやはり養分供給と同様に、長期的な視点からその効果を期待せざるを得ない。そのため既に硬盤層が形成されていて早急な解決が必要な場合には、積極的な土壌物理性の改善方策をとる必要がある。

有機物の土壌表面施用により、上記のプロセスで腐植物質が増加し、団粒化が促進された土壌は、仮比重が低くなることから、体積が増加し健全な主要根群域が上方に形成される。主要根群域は果樹が細根を張り巡らし、養水分を吸収する重要な土壌層位である。さらに細根は代謝活性が高いため呼吸量も多く、通気性が高い健全な主要根群域を作る。このため、健全な主要根群域を深くさせる土づくりが永年性作物の有機栽培での最も重要なポイントの一つとなる。

4) 雑草管理

果樹園における雑草管理については、上述の主要根群域形成や土壌被覆の機能増強を図るために草生に着目した試験研究が行われて高い効果が認められてきた。しかし、慣行栽培においては、単年性作物と同様に養分や水分との競合及び景観の悪化を避けるため、下草や樹冠の雑草管理のために除草剤を使うことが多い。

特に傾斜地では、除草機や草刈機での除草作業が難しいこと、農業従事者の高齢化による労働軽減、省力化等のために薬剤による除草が行われている。除草剤は非選択性の茎葉処理剤が使われることがほとんどで、果樹の葉に飛散しないように散布処理される。薬剤の種類にもよるが接触吸収した雑草は、体内で浸透移行して地上部、根部とも枯死する。そのため土壌表層は露出し、直射日光と乾燥のために土壌生物は減少する。降雨時には、雨滴が団粒を破壊し、粘土が溶解して地下へ溶脱する。この溶脱した粘土は孔隙を埋めたり、層状に蓄積して硬盤層形成の一因になるなど、通気性、透水性を悪化させる原因ともなる。

一方、土壌表層へ分散した粘土は乾燥すると、クラストと呼ばれる土壌皮膜を土壌表面に形成するため、通気性を著しく低下させ、細根の活性を低下させる。また降雨時に水分を地下浸透させず、土壌への水分供給を抑制する。さらに傾斜地では、土壌浸食ポテンシャルが高いため、まとまった降雨があると土壌を保持する植生被覆がないため、初成的なりル浸食、場合によってはガリ浸食に至り、大切な主要根群域土壌を消耗させる危険性が高い。このため慣行栽培であっても、梅雨前の除草剤散布を控える取組もされている。この点、有機栽培では除草剤は使用しないので、必然的に除草対策は機械除草、カバークロープ草生栽培、雑草草生などを行うことになり、程度の差はあるが土壌被覆が存在することになる。従って、多雨時の表層土壌の浸食量は極めて低く、地下への水分浸透量は多くなる。団粒の表面に糸状菌が繁殖し、疎水性を呈する耐水性団粒が形成されているとさらに土壌浸食のリスクは低下する。雑草利用を含めた草生栽培は、雑草による土壌の乾燥や過剰養分の吸収にも利用できるもので、特に登熟期に養水分の供給を制限したい温州ミカンのような果実の場合には、あえて除草作業を行わないことで品質向上を図ることができる。

5) 肥効コントロール

化学肥料には成分、肥効特性（溶解特性）、肥効期間、特殊機能、製法や形状等が工夫されたものがあるが、果樹園で通常使用されている化学肥料はシンプルなものが多い。特性として、水溶性成分が多く（リン酸は水溶性が多く）速効性である、成分含有量が比較的高い、複合肥料であっても含有成分数が限られているなどの点が挙げられる。慣行栽培では、これらの化学肥料を使用することを前提にして、果樹の生育が増進し、収量や品質の向上に最も効果的な施肥時期と施肥量を検討し、その地域に適した栽培指針が策定されている。なお、窒素を中心とした養分を多量に施用すると、新梢や新葉の生育量が多く、それに応じて光合成量が増大し、高い収量を得ることができるが、窒素養分過多では登熟が遅く、糖度が低くなるため、品質低下を招く恐れがある。

最近では、果樹の品質向上が至上の課題となっており、出荷時の近赤外線検出器を用いた非破壊品質検査が広がっているため、産地の篤農家は肥料施用時期や量を作物の生長に合わせて慎重に考慮し、ピンポイントで施用している。また生産組合毎に独自の肥料配合のものを用意し、量や時期を研究して設定し、それらの情報を公開していないところも多い。

一方、有機栽培では、有機質肥料を施用するため、その肥効に関しては化学肥料と比較して以下の違いがあるので留意する必要がある。

基本的に土壌動物や微生物作用による粉砕・分解作用を受けて肥効を発現するので緩効性、遅効性である。

土壌動物、微生物作用は、温度や水分状態に大きく左右される。

有効成分含量が低い。

含まれる成分数は動植物の必須成分数以上であり、植物由来のものであればバランスがとれているものが多い。

以上のように、有機栽培では肥料特性が慣行栽培と大きな違いがある。成分やバランスについては有機肥料の方が優れていると言えるが、これは大きく異なるため、速効性の化学肥料施用を前提に組み立てられた栽培指針に沿って肥培管理を行うと、必要な時に必要な量を供給できない可能性が高い。有機質肥料は種類が多く、分解特性の異なる有機物が混合されている場合もある。厳密なことを言えば材料やロットによっても肥効特性が異なることさえある。このため、肥料自体の情報収集や資材選び、現地での小面積栽培試験によるデータ蓄積も必要である。

有機質肥料は程度に差はあるが、一般的に遅効性であるため、施肥時期は早めが良い。しかし晩秋～早春にかけては有機質肥料の分解速度が低いため、C/N比の低い資材や液肥を施用しなければ効果は期待できない。さらに微生物分解と植物体への吸収を促進させるためには、施肥後の適度な灌水も必要となる。気温が高い時期であれば、化学肥料ほど速効性は期待できないが、1～3週間程度施用を早めることで肥効を合わせることができる。しかしこの場合も、土壌表面がある程度湿っていることが必要であり、乾燥している状態での肥効は期待できない。灌水などで有機質肥料の分解を促進させる必要がある。

6) 草生栽培・カバークロープ・土壌被覆

有機農業技術の1つである敷きわらは、上述のように有機物投入による化学的土壌特性の向上、土壌水分の安定化、夏季の地温上昇の緩和効果をもたらすと考えら

れる。草生栽培やカバークロープも同様に土壌を有機物で被覆することから、上記と同様の効果が期待できるが、さらに、草生植物根による物理的・生物的土壌特性の向上、表層土壌の保持による土壌流失の防止、雑草抑制等についても、高い効果が期待できる。

草生栽培に用いる草種として、雑草草生やイネ科牧草（イタリアンライグラス、ケンタッキーブルーグラス、ライムギ、エンバク等）が用いられてきたが、近年は、自然枯死等により下草刈りが不要で省力的なものが注目されている。すなわち、これらの草種は作物にとって養水分が必要な時に枯れて、養分競争を生じさせないという利点を持つほか、独特の有効特性を持つ。例えばナギナタガヤは、菌根菌の宿主となり養水分ストレスを緩和し、ベッチ類は窒素固定による養分供給を行い、ダイカンドラは雑草抑制力が強く草高が低いので、それぞれの草種ごとに有効な使い分けが推奨されている（辻 2000）（図 2-4）。

2. 生物多様性を高める土づくり

地球上には数千万から 1 億種の生物が生息しているとされており、その多くが陸域、すなわち土壌圏に生息している。生物は進化を繰り返して環境に適応するとともに、生物間の相互作用をうまく利用し、生物多様性を構築してきた。生物多様性には「遺伝的多様性」、「種多様性」、「生態系多様性」の 3 つのレベルがあり、それらの重要性和保護が世界的な課題となってきた（Hector and Bagchi 2007）。

我が国の樹園地においても有機栽培を行うことで、各地域に潜在する貴重な生物多様性を維持し、その機能を拡大することが可能である。特に有機栽培では「土壌が本来有する機能を発現させる」ことが基本となっており、単に有機質肥料による肥培管理に留まらず、作物を初めとした生物本来の

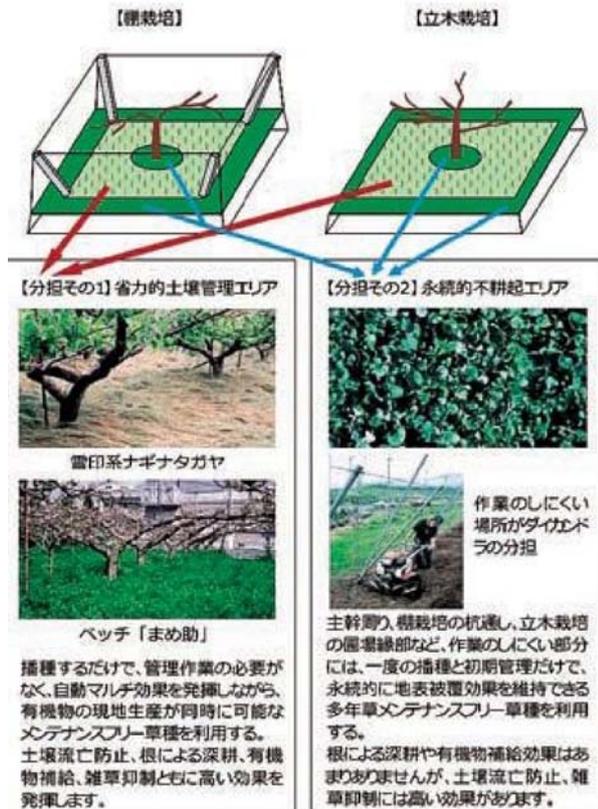


図 2-4 複数草種による分担草生栽培の例

(辻 2000)



写真 2-1 茶草場等多様な植生環境の中の茶園（静岡県掛川市）（提供：稲垣栄洋氏）

機能を最大限に発揮させるための生物多様性を高める土づくりが重要である。最近では、我が国の茶園と一体になった畦畔や草地、山林などからなる茶草場が天敵保護の役割など生物多様性を高める農業技術として世界的にも注目されている(写真 - 1)。

生物の中には、作物に加害するものも存在し、有機栽培ではそれらを完全に制御することは難しいが、前述のように生物多様性が高まれば天敵などの生物相互作用を受け、被害は比較的強く抑えられる。さらに有機農業技術であるバンカープランツなどを植栽し、天敵密度を高めるよう意図的に好ましい生態系を誘導すれば、発生頻度の高い病害虫であっても抑制効果は高い。

1) 土壌生物の役割と土づくり対策

土壌の生成因子は、母材、気候、生物、地形、時間であり、樹園地土壌において最も人為的な変動が大きいのは、生物因子である。土壌生物は、土壌動物と土壌微生物に大別され、一般にバイオマスは、土壌微生物の方が圧倒的に多い。しかし、土壌動物と土壌微生物は土壌生態系の中で役割分担をしており、土壌生成において独自の機能を有している。

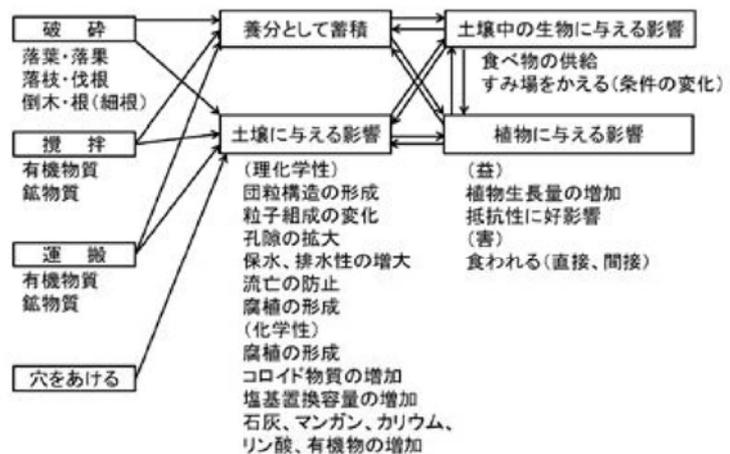


図 II-5 土壌動物の役割 (青木 1973)

土壌動物の役割を図 - 5 に示した。土壌動物は動植物遺体の物理的分解(破砕)と化学的分解(低分子化)を行い、土壌中へ植物が利用しやすい形態の養分や腐植物質原料を供給する。一方、土壌中を移動するため、土壌を攪拌したり、運んだりする。これらの作用により団粒構造が発達し、土壌の理化学性を高めることになる。またミミズなどは土壌中に管状の穴をあけるため、これが大間隙(マクロポア)として働き、土壌の通気性や透水性を大きく高める。このことにより土壌動物は、樹体に対しプラスの効果をもたらしているが、樹木を直接的あるいは間接的に食害するものも存在する。このように土壌動物の機能は複雑であり、土壌毎に生息する生物の種類や量が異なるため、機能も拡大・縮小することになる。

有機栽培においては、強力な殺虫剤の使用は行われず、土壌動物に対する薬剤施用はほとんど行われないこと、土壌動物の餌となる有機物が多量に施用されることから、土壌動物が活性化し、土壌生成機能も慣行栽培に比べて非常に高いと考えられる。

一方、土壌微生物の機能は、土壌動物に比べてさらに多種多様であると共に、土壌中の物質循環機能の主体を担っている。表 - 1 に土壌微生物の主な機能を示したが、主に化学・生化学的な機能がほとんどである。病害や窒素飢餓以外は、植物生育や土壌機能の向上に大きく貢献するので、土壌微生物機能を高めることは生産力を高めることにつながる。特に有機栽培では、有機物が多く施用され、殺菌剤の使用も限られるため、土壌微生物の量や多様性が高く、機能も高いと考えられる。土壌微生物の機能については、まだ分かっていないことが多いため、今後の土壌微生物研究の深化、拡大が期待される。

2) 土壤微生物性の向上対策

(1) 微生物の種類と働き

土壌中には様々な微生物が生息しており、農業分野では一般に糸状菌、放線菌、細菌といった分類をよく聞く。微生物の機能も除々に解明されつつあり、その分類も、例えば活動の場による分類（根圏微生物、根面微生物、根内部微生物、表面微生物）、微生物の分解活性による分類（タンパク分解菌、セルロース分解菌、デンプン分解菌、リグニン分解菌）、また、エネルギー獲得の方法による分類（無機栄養微生物（光合成微生物や化学合成微生物）及び有機栄養微生物（寄生菌、共生菌、腐生菌）や酸素要求性による分類（好気性菌、絶対嫌気性菌、通性嫌気性菌）など、その働きなどとの関連でいろいろ行われるようになってきている。微生物は多くの有用な働きをする反面、種類によっては病害や腐敗を誘発するものも多く、また環境条件によって種類や数や働きが大きく変わる。

表Ⅱ-1 土壤微生物の主な機能

分解・溶解・運搬	有機物の分解・代謝・無機化
	有害物質・人工化学物質の分解
	キレート物質等による金属元素溶解
	根圏における養分の短距離運搬
合成	易分解性有機物の合成
	腐植物質・団粒化材料の合成
	植物ホルモンの合成
	抗生物質や病害抑制物質の産生
	土壌酵素の放出
変換	硝化
	窒素固定・脱窒
	呼吸・光合成・メタン生成・メタン酸化
	その他元素の酸化還元
養分保持	バイオマスによる可給態養分の保持
	難溶性有機化合物の生成による長期的な養分保持
動植物との共生・寄生	養分吸収の効率化
	窒素固定
	病害虫抑制・病害
微生物間の関係	窒素飢餓
	棲み分け
	溶菌作用・抗菌作用
	養分競合

有機物の分解など土づくりという側面に着目すると、軟弱で炭素率が低い有機物は、最も微生物が利用しやすいデンプン、糖、タンパク質を好んで食べる細菌や糸状菌がまず増殖し、次いでセルロース分解菌が増殖し、最後に難分解性のリグニン分解菌が増殖してくる。樹木など細胞組織にリグニンが多く含まれるものは、まずリグニン分解菌が増殖し、リグニンの壁を壊し、次に易分解性物質を分解する細菌や糸状菌が増殖し、セルロース分解菌と続く。放線菌は有機物分解の後半に働く。分解し増殖した菌体は、基質（エサ）がなくなると一部孢子や菌核で休眠状態になるが、死菌体は他の微生物により分解され植物の養分となる。微生物は有機物の分解者であり、養分の保持・供給源であると共に分解残渣としての腐植を供給するとされる（野口 2011）。

表 - 2 は、土壌の種類別微生物数の分析結果と健全土壌と生育不良・病害土壌との対比を見たものである。

一般に微生物数と活性に影響を与えるものは、水分と有機物含量であり、微生物活性の制限元素は有機炭素 > 窒素 > リン > イオウの順に大きいとされている。土壌中の微

表Ⅱ-2 土壤微生物数 (CFU/g) (野口 2003)

	糸状菌	色素耐性菌	放線菌	細菌	放線菌/糸状菌 A/F	細菌/糸状菌 B/F
健全土	398×10 ³	1313×10 ³	17×10 ⁶	83×10 ⁶	267	2131
不良病害土	283×10 ³	2158×10 ³	19×10 ⁶	85×10 ⁶	187	910

生物の数、働きを高める要因は、良質の有機物、有機質肥料の施用とされ、有機物の施用後に微生物数の増加が起こるので、施用物の内容、量により土壤微生物相のある程度のコントロールが可能であるとされる。

作物の根圏・根面・根内部に生育促進微生物や拮抗菌など有効な微生物を定着させることは重要である。作物の根の活性が低下すると根面微生物数が増加し、活性が高い根の表面には糸状菌よりも細菌が多く生存する。一般に、地上部の生育が良好な場合には、根面微生物は細菌型になり、著しく不良な場合は糸状菌型となる。

土壤の微生物性を健全に保つことは作物生産に重要なことである。微生物の健全性を評価する指標は、未だ明確な指標も微生物性の基準も明らかにされていない。従来、土壤微生物の性質の指標として細菌数/糸状菌数(B/F)値が提案されているが、健全土と生育不良・病害土壤との放線菌数/糸状菌数(A/F)値と細菌数/糸状菌数(B/F)値をみると(表 2)、健全土壤の方が生育不良・病害土壤よりかなり高い傾向にある。

土壤の健全性を担う微生物性については、B/F 値のほかに多様性指数など様々検討がされているが、今回、一部地域において、土 1g 当たりの微生物量とその端的な活性を示すと見られる指標について、有機栽培園と慣行栽培園を対比する形で計測を行った。要因は必ずしも明らかではなく、今後種々の側面からのデータの集積による分析は必要であるが興味深い結果が示されている。すなわち、有機栽培区の腐植含量が隣接した慣行栽培区に比べ著しく高かったことも反映してか、有機栽培区の微生物量が多いこと、その中で分解しやすい有機物が多い土壤で多い傾向のある酵母やグラム陰性菌の仲間が多い赤色素耐性菌が特に多かったこと、微生物の活性を現すとみられる酵素活性や熱量が著しく高いことが伺われた(表 3)。

表Ⅱ-3 有機栽培と慣行栽培を対比した微生物量及び活動活性 (2012年12月:実証調査)

作物	場所	栽培区分	腐植含量(%)	土壤の微生物量(CFU/g 土壤)					酵素活性 PNF生成量	積算熱量 (pJ/10g 土壤)
				糸状菌	赤色素耐性菌	放線菌	細菌	フザリウム菌		
伊予柑	愛媛大農場①	有機	7.1	3.4×10^4	1.2×10^6	3.4×10^6	6.3×10^7	1.6×10^4	1804	7.3
同上	同上②	慣行	2.7	5.4×10^4	2.2×10^5	2.7×10^6	2.2×10^7	1.9×10^3	829	3.7
ブドウ	山梨県S農家③	有機	16.7	2.2×10^5	1.0×10^5	1.6×10^7	3.3×10^7	1.3×10^3	7008	8.7
同上	同上S農家④	有機	19.1	3.5×10^5	8.0×10^4	1.4×10^7	6.2×10^7	1.4×10^3	6147	9.9
同上	同上O農家⑤	慣行	9.2	4.9×10^4	6.0×10^3	9.0×10^6	4.2×10^7	1.1×10^3	3589	8.7

注1:栽培条件:①マサ土(花崗岩母材)。樹齢32年生、5年間無農薬栽培継続中。雑草草生で年4回雑草を刈り敷く。施肥は菜種油粕、魚粉、草木灰を春1回、夏1回、秋2回施用

②マサ土(花崗岩母材)。樹齢32年生、除草剤により雑草を管理。施肥は秋肥一発型(14-9-9)年1回、春肥一発型(14-7-7)年1回施用

③火山灰土。41年間の有機栽培園地、醸造用品種、サイドレスハウス栽培、雑草草生不耕起栽培、点滴灌漑

④火山灰土。41年間の有機栽培園地、大房系品種、サイドレスハウス栽培、雑草草生不耕起栽培、点滴灌漑

⑤火山灰土。③と同一地域、慣行栽培、大房系品種、中耕・培土・施肥後に緑肥播種草生栽培

注2:PNF生成量はp-ニトロフェノール生成量である。

(2) 土壤微生物性を高める土づくり

通常の樹園地において土壤微生物の量や活性を高めるためには、基質となる有機物の供給、適度な水分、温度、土壤養分、pH や EC、酸素供給あるいはガス交換、生息場所の確保等が必要である。有機栽培では有機質肥料が多用されるため、基質は十分に

供給される。また除草剤が散布されないので、土壌表層には草生草種か雑草が繁茂するため、水分や温度は比較的安定している。適切に作物に必要な有機物を計画的に施用されていれば、慣行栽培に比べて土壌養分バランスは保たれやすい。さらに土壌有機物のカルボキシル基に起因する陽イオン交換容量が増大するため、化学肥料と比べて pH や EC の極端な変化も生じにくい。以上のことから、有機栽培を行う園地では化学的要因は大幅に改善され、作物はもちろんのこと、土壌微生物に対しても良好な状態に保たれると考えられる。

物理的要因であるガス交換（通気性）や生息場所については、有機栽培を長期間行うことにより、土壌動物が攪拌、運搬、穴あけをするので、十分な環境が供給されると考えられる。しかし、短期間で改善する場合は、完熟バーク堆肥や炭の施用などが効果的である。

土壌微生物自体は、通常多種多様な土着のものが生息・活動しているが、堆肥を施用すると特定の有機物分解微生物も一緒に接種されることになり、多様性が高まる。土壌微生物の多様性については様々な考え方があり、研究途上の感は否めないが、多様性が高いほど微生物コミュニティが安定し、病害微生物が侵入しても容易に増殖させなかったり、難分解性有機物が投入されても比較的早く分解が進行すると考えられる。土壌微生物の養分要求性はかなり複雑であり、数多くの異なる微生物がクラスターを形成して共同生活を行い、分担して有機物を分解し、必要な代謝産物をお互いに融通し合っていることも報告されており、微生物の多様性は、土壌微生物機能の安定化につながると考えられる。

有機栽培では、化学合成農薬や化学肥料を用いず有機物を施用するため、慣行栽培圃場に比べて土壌微生物の多様性・活性が高いとされている。これが生態系と調和した形で有機栽培が営める一つの要因になっている。このような状態を評価するための 1 つのツールとして、(独)中央農業研究センターが開発した炭素資化量連続測定装置で、土壌の微生物多様性や活性値の測定を行いデータの蓄積が行われている。微生物活性値は土壌や堆肥の有機物分解反応の立ち上がりの早さ、分解速度、分解量を総合的に数値化したもので、微生物の炭素源資化反応の多様性と鋭敏性を評価したものである。

この測定結果によると、有機栽培圃場の微生物活性値は、慣行栽培圃場や転換中の圃場と比較して高い傾向が見られている((財)日本土壌協会 2010)。例えば、茶での測定結果は表 4 のようになっており、圃場管理の状態にもよるが、一般に有機栽培暦が長いほど微生物活性値が高いとされている。

土壌微生物の特定機能を期待して、微生物資材も投入されることも多い。使用目的は有機物の分解促進、悪臭抑制、連作障害抑止、団粒形成促進、窒素固定・硝化促進、植物ホルモン生成、リン酸の可溶化、病害虫の抑制、全身抵抗性の誘導、植物根の健全生

表 II-4 茶園土壌の微生物活性値

場 所	栽培方式	堆肥等施用状況	微生物活性値
埼玉県M茶園	有機栽培暦 30 年茶園	堆肥 30 年施用	1, 363, 414
	有機栽培暦 5 年茶園	堆肥 5 年施用	1, 108, 226
	慣行栽培茶園	農薬使用	946, 853
鹿児島県Y茶園	有機栽培暦 20 年茶園	かや、稲わら施用、ぼかし肥料施用	1, 143, 933
	慣行栽培茶園	農薬使用	505, 739

注:(独)生研機構中央農業研究センターで測定

育促進、作物品質の向上などである。果樹栽培においては、政令指定の土壌改良材として菌根菌資材が市販されており、効果が確認されている。

生物因子としては、草生栽培が土壌微生物相に大きな効果を与えることが明らかとなっている(石井 2007)。ナギナタガヤは菌根菌の好適な宿主植物であり、果樹園において菌根菌が安定して土壌中に定着することを助けている。そのほかに白紋羽病菌、*Fusarium oxysporum* や *Pythium ultimum* のような土壌病原菌に対する拮抗微生物、リン溶解菌の生息環境を提供していることも明らかにされている。

3) 天敵等の活動力を増強する対策

(1) 害虫天敵

有機栽培を継続している果樹園では雑草草生が行われていることもあり、昆虫の多様性が高まることが知られ、これが害虫の防除にも有効な働きをしているとされる。愛媛大学附属農場で 2012 年 9 月に行った地上徘徊性昆虫の観察調査結果では、7 目 18 科 46 種の昆虫が捕獲でき、それを区分した結果、害虫は 17%、天敵が 26% を占め、ただの虫が 57% で大半を占めていた。

生態学では数多くの生物多様性に関する研究が行われており、最近、生態系の安定には、「キーストーン種(中樞種)」が大きく貢献することが明らかになっている。特に一次捕食者である天敵がキーストーン種になる場合が多いとされ、耕地生態系の健全性を評価する指標生物として扱われ始めている。

天敵を含めた生物多様性を高めるには、草生管理が適している。足立・三代(2012)は、土着天敵を増加させる植物導入法とメカニズム等について下記のように紹介している。

インセクタリアープランツ：天敵を誘引し、蜜・花粉・シェルター等を提供して天敵を温存する。

グランドカバープランツ：下草であるが、重要害虫や広食性食植者を定着させず、作物と栄養競合を起こさないで、天敵を増殖させる必要がある。

バンカープランツ：作物を加害しない寄主を定着させ、作物の害虫と共通な天敵を増殖させる。

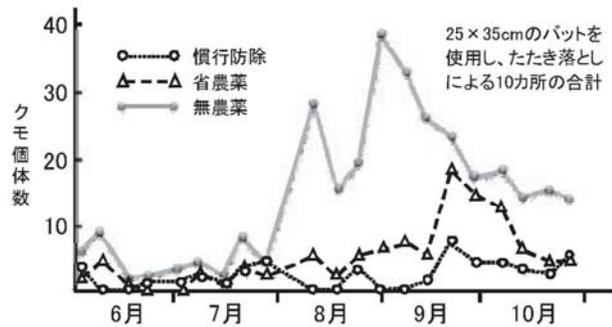
コンパニオンプランツ：作物の近くに植えて作物の生育や品質を高めるもので、害虫に対する忌避作用等を持つ。

トラッププランツ：害虫を強く誘引して定着や産卵を促すと共に、害虫が作物に移動する前に処分して被害の発生を防ぐ。

グランドカバープランツの研究事例として、足立・三代(2012)は、ナシ園においてシロクローバーとヒメイワダレソウを下草として使用したところ、土着天敵類であるオサムシ科成虫(マルガタゴミムシ、セアカヒラタゴミムシ、ナガヒョウタンゴミムシ)、寄生蜂、ハナカメムシ科、ヒラタアブ亜科、ハダニアザミウマ、クモ目は、シロクローバー草生で密度が高くなったと報告している。またヒメイワダレソウはシロクローバーには劣るものの、防草シートマルチよりは高い傾向が見られており、効果の高い草生を行うことにより天敵密度を高めることが明らかになっている。

また、有機茶園と慣行茶園では昆虫相が大きく異なることが知られており（後藤ら 1995）、害虫を捕獲するクモやアリなどの益虫は両栽培方式間で大差があることは栽培現場ではよく知られている（図 - 6）。

柑橘類の有機栽培が天敵を増殖させる事例を表 - 5 に示す。年間約 18 種類の化学合成農薬成分を散布している慣行栽培区に比べて、化学合成農薬を使用しないかそれに準ずる防除を



図Ⅱ-6 クモ類の発生消長 (1992年)
(後藤ら 1995)

行っている有機栽培区では、全体的に天敵の数が多い。また減農薬区（約 1/2 の化学農薬成分）はその中間的な数値を示している。このように農薬散布は天敵に大きなダメージを与えていることが明らかである。また、クモ類は広食性であり有効性が高い天敵であるにもかかわらず、農薬散布で急激に数を減らしており、農薬に対する抵抗性が特に低いと言える。有機栽培では化学合成農薬は散布されないため、天敵の減少はないと考えられるが、有機栽培への移行期間は天敵密度を早く高めるために、天敵導入や草生などの積極的な環境作りが重要である。

農林水産省は、平成 19 年 7 月に「生物多様性戦略」を策定し、生物多様性の保全を重視した農林水産業を推進するための施策を実施している。そしてプロジェクト受託先の（独）農業環境技術研究所、（独）農業生物資源研究所が、その成果として、『農業に有用な生物多様性の指標生物 調査・評価マニュアル』を作成した。その内容は URL（<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/shihyo/index.html>）でダウンロードすることができる。

本書は、「調査法・評価法」と「資料」の 2 部構成になっており、調査法に従って指標生物を採取してスコアを記録することにより、生物多様性の高さを 4 段階に評価することができる。また資料を照らし合わせて読むことにより、指標種の生態系における機能や役割を理解することができる。有機栽培園地の生物多様性をチェックするためには有用なツールである。

(2) 病害の生物防除

土壌微生物は、土壌中の栄養の質と量、生息場所、酸素、水分、pH、温度などの微細環境において棲み分けを行ったり、逆に代謝産物を共有するために共存したりして、相互作用を及ぼしながら生息している。そして病害は、作物の抵抗性が低下すると共に、病原菌が一定以上の密度に増殖した時に発生すると考えられている。一般に、連作障害は同種の作物を栽培することにより、土壌微生物相が単純になり、病原菌が繁殖しやすい条件となって発病するとされているが、有機物を施用している栽培では連作障害を完全に回避している事例も多く見られる。機作についてはさらなる科学的解明が必要であるが、有機栽培による安定した土壌微生物相の形成がキーになっているものとみられる。

病原菌の生育を抑制する微生物は、拮抗微生物と呼ばれ、拮抗微生物を接種したり、定着場所や養分を与えて積極的に増殖させるなどの技術開発が長年行われてきた。拮抗メカニズムについて、本間（1991）は、以下のようにまとめている。

寄生：糸状菌間で起こり、病原菌菌糸や菌核に寄生して活性を抑制し密度を低下させる。

抗生：抗生物質を生産して、病原菌の代謝を阻害する。

競合：微生物間で生息場所と餌（鉄などの金属元素も含む）を取り合う。

捕食：大きな生物が小さい生物を搾取するもので、食菌性とも呼ばれる。

溶菌：微生物の細胞壁が内的・外的要因によって、分解・消失する現象である。

その他：微生物の代謝産物が、根の病原菌感受性や抵抗性反応を誘導するなど。

実際の土壌では、上記メカニズムが単一あるいは複合的に働くことで実用化技術として普及されている。

農研機構果樹研究所では、果樹の重要土壌病害の一つである白紋羽病については、非病原性白紋羽病を接種すると病原菌が駆逐され、病害の進行が抑制されることを明らかにしている。また、白紋羽病は熱に弱いことから、樹木に影響がない程度の温水を土壌に処理することで、治療が可能になった(中村 2010)。治療効果のメカニズムとして熱の他に、トリコデルマ属糸状菌などの拮抗菌の存在も重要な役割を果たしている可能性があるとしている。

核果類果樹の根頭がんしゅ病に対しては、*Agrobacterium radiobacter* strains K84/Kerr-84 株や K1026 株を予防的に接種することにより、ペプチドの一種であるバクテリオシンが生産され、当病原菌の生育を抑制することが明らかとなっており、世界的に広く利用されている。溶菌作用をもつ微生物活性を高める有機質資材の利用例として、エビ殻やカニ殻を施用することにより、その成分であるキチンを分解する放線菌を大量増殖させて、病原糸状菌を溶菌させる技術がある。放線菌には抗生物質生産も期待される。

果樹有機栽培において土壌病害を抑制するには、適切な有機質資材の施用や水はけなどの土壌物理性の改善、草生などの下草管理などを総合的に進めることにより、土壌微生物の多様性拡大と微生物相の安定化を図ることが基本となる。また土壌管理の他にも、間伐・縮伐・整枝・剪定・誘引による通風や採光の改善、新梢管理と夏季剪定による樹勢管理、防風、発生予察と対策も重要である。その上で発生する特定の病害については、発生状態に応じ、拮抗微生物や有機 JAS 規格で許容されている農薬を散布することになる。

引用文献

- 1) 青木淳一(1973)「土壌動物学」北隆館
- 2) 阿江教治・松本真悟(2012)作物はなぜ有機物・難溶解成分を吸収できるのか 根の作用と腐植蓄積の仕組み 農産漁村文化協会
- 3) 足立 礎・三代浩二(2012)果樹・茶園における土着天敵保全による生物的防除・植物防疫. 66: 488-493
- 4) 石井孝昭(2007)草生栽培と土壌微生物相 農業技術体系果樹編 第8巻 共通技術(草生管理-草生栽培をめぐる新研究) 草生管理 3~6-1-8
- 5) 辻 剛宏(2000)新しい時代の果樹草生栽培 牧草と園芸 48: 1-4
- 6) 中村 仁(2010)白紋羽病温水治療マニュアル(独法)農研機構果樹研究所
- 7) 成澤才彦(2011)作物を守る共生微生物 エンドファイトの働きと使い方 農産漁村文化協会

- 8) 西沢直子 (1992) 栄養ストレスと植物根の超微細構造に関する研究 土壤肥料学雑誌 63 : 263-266
- 9) (財)日本農業研究所、(財)日本土壌協会 (2010) 有機農業技術の現状と適用条件に関する調査結果
- 10) 野口勝憲 (2003) 土壌改良と資材 日本土壌協会 微生物資材 270-273
- 11) 野口勝憲 (2011) 環境保全型農業における微生物の働きと利用 1-10 全国土壌改良資材協議会微生物部会研究会資料 1-10
- 12) 本間善久 (1991) 拮抗微生物による土壌病害の生物的防除 . 化学と生物 29 : 503-509.
- 13) 松山 稔・牛尾昭浩・桑名健夫・吉倉惇一郎 (2003) 施用有機物由来窒素の5年間にわたる水稻への吸収利用と施肥窒素の削減 日本土壌肥料学雑誌 74 : 533-537
- 14) Hector A, Bagchi R (2007) Biodiversity and ecosystem multifunctionality. Nature, 448 : 188-190.
- 15) Matsumoto S, Ae N, Yamagata M 2000 : Possible direct uptake of organic nitrogen from soil by chingensai (*Brassicaca mpestris* L.) and carrot (*Daucus carota* L.) . Soil Biol. Biochem.,32 : 1301-1310.
- 16) McLaren AD, Jensen WA, Jacobson L 1960 : Absorption of enzymes and other proteins by barley roots. Plant Physiol., 35 : 549-556.
- 17) Nishizawa N, Mori S 1977: Invagination of plasmalemma: Its role in the absorption of macromolecules in rice roots. Plant Cell Physiol., 18: 767-782.
- 18) Wright SF, Upadhyaya A 1996: Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein from arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Sci. 161 : 575-586.
- 19) Yamagata M, Ae N 1996: Nitrogen uptake response of crops to organic nitrogen. Soil Sci. Plant Nutr., 42 : 389-394.
- 20) Yamamuro S, Ueno H, Yamada H, Takahashi Y, Shiga Y, Murase J, Yanai J, Nishida M 2002: Uptake of carbon and nitrogen through roots of rice and corn plants, grown in soils treated with ¹³C and ¹⁵N dual-labeled cattle manure compost. Soil Sci. Plant Nutr., 48 : 787-795.

(本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』22～34ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである)

果樹の有機栽培実施上の課題と対応策

果樹の有機栽培は難しく、解決すべき問題が山積しているが、それを解決するためには、果樹が有する特性をよく理解し、それに適応した対応策を講じていく必要がある。

1. 果樹の栽培特性と有機栽培上の課題

1) 果樹は永年性作物、適地適作・適品種が不可欠

永年性作物である果樹は、一度植えられると、そこで長い年月にわたり、同じ樹が育つことになる。そのため、もしその場所がその果樹に適していない場合には、その悪条件が年々累積して影響することになり、栽培上きわめて不利となる。また、苗を植えてから果実を収穫するまでに相当の年月を必要とする。そのため、果実がなり始めてから、不適地であると気づいたのでは、経営上取り返しがつかない。そのため、野菜や水稲などの1、2年生作物以上に、適地適作・適品種が重要となる。

有機栽培では、慣行栽培のように病気や害虫が多発した際に、強力かつ薬効が持続する化学合成農薬を使用することができないため、樹勢の低下だけに留まらず、樹を枯らしてしまうことや収穫皆無になることがある。そのために、果樹の有機栽培においては、慣行栽培以上に栽培地の自然環境条件等が、その果樹の栽培に適しているかどうか、その品種の栽培しやすさ(耐病・耐害虫性、耐ストレス性などを有しているか)を厳密に検討することが重要となる。

2) 温帯湿潤気候に適した果樹の種類は少ない

世界における主な温帯果樹類(ブドウ、柑橘類、リンゴ、ナシ、モモ)の主産国(アメリカ、イタリア、ソ連、フランス及びスペイン)の風土と我が国の風土を比較した小林(1985)は、その結果を「乾燥気候である地中海沿岸諸国や北アメリカの西部沿岸地域では、『果実が自然になる果樹園芸』であるのに対し、湿潤気候である我が国では『果実を人力でならせる果樹園芸』である。」と記し、「我が国における果実の生産は特殊な風土の下での果樹園芸であり、我が国の風土の特徴をよく理解した上で適地適作することが必要」としている。一方で、我が国で古くから栽培されている柑橘類や、近年、世界中で栽培されるようになったキウイフルーツは、温帯湿潤気候原生で、我が国においても「果実が自然になる」可能性が高い果樹もある。

さらに、我が国は風土的には、温帯湿潤気候に属しているが、南北にきわめて細長いことから、緯度によって気温が大きく異なる。また同時に、国土の大半が山地であり、その斜面を利用して果樹園を設置することから、標高差による気温の変化も大きい。そのため、果樹の有機栽培を行う場合は、園地の自然条件や環境条件、地形等を良く理解し、そこに適した樹種を選択することが重要になる。

3) 果樹は水稲・野菜に比べ栽培歴が浅く、有機栽培に関する研究蓄積は皆無に等しい

現在、日本で栽培されている果樹は、古くから栽培されてきた柑橘、カキやウメなど一部を除き、明治以降の欧米化の波の中で急速に導入された種類や品種が多い。既にそれから100年以上の年月が経過していることから、今日主産地として栄えている地域は、この間の自然淘汰の結果、あるいはそれらの貴重な栽培実績を基礎にして形成されてきたものと言えよう。しかし、これらの果実の海外における主要生産地は乾燥気候地帯にあり、日本より降水量がはるかに少ない地域にその原生地を有するものが多い。さらに、近年進行している温暖化は、気温が果実の品質や収量に深刻な影響(例

えば、着色不良や冬季の低温不足による花芽分化不良等)を及ぼしており、栽培適地がこれまでより北に移動していると考えられる樹種も出てきている。このように、主要果樹の多くは日本における栽培歴が浅い上に、乾燥地原生のものが多いため、栽培技術体系が十分に確立しているとは言い難く、特に果樹の有機栽培に関する公的試験研究機関における研究蓄積は柑橘など一部を除き皆無に等しい。

4) 化学肥料・化学合成農薬の使用を前提に構築されてきた果樹の標準栽培体系

戦後、果樹園芸が農業の分野で独立部門として地位を獲得し、果樹産業と呼ばれるようになったのは1965年以降のことである。今日標準的に用いられている果樹の栽培技術の確立は、この時期以降、まさに化学肥料・化学合成農薬の開発と共に進められてきた。戦後の果樹作ブームの波に乗って、所構わず山地を拓き、増殖を図ってきた温州ミカンに代表されるように、この過程においては、「果実が自然になる」地を厳選して栽培する(=適地適作)ではなく、生産効率性や経済的優位性を最優先して「人力で強引にならせる」栽培技術、すなわち化学肥料・化学合成農薬の使用を前提とした栽培技術体系の開発が主に行われてきたといえる。近年、減農薬や化学肥料の投入量低減など、環境負荷低減技術が現場でも実用化されるようになってきたが、今もって、このような経過の中で、選抜・構築されてきた作目や品種、あるいは技術体系を、有機栽培にそのまま適応することは難しい状況にある。

5) 栄養生長と生殖生長の調和を図るための技術開発の方向性と考え方の違い

果実生産においては、樹体の生長及び維持のための栄養生長と、花芽分化に始まる生殖生長との調和を図ることが重要である。従来から、整枝・剪定、摘(花)果、芽かき、肥培管理(施肥の時期、内容、量)などを様々な栽培・結実管理を組み合わせることによって果実の安定生産が図られてきたが、有機栽培でもそれが基本となる。しかし、近年、公的試験研究機関では、これらのバランスを植物生長調整剤によって図ろうという技術の実用化が急速に進んでいる。すなわち、摘花・摘果、新梢伸長制御、果実の肥大促進、着色促進などのために、植物生長調整剤の利用を前提とした栽培技術体系の確立が進められているのである。この技術は、農作物の生育そのものを植物生長調整剤という農薬によって人工的に制御して、収量や品質を高め、作業時間を短縮しようとするものであり、有機果樹作において適用できるものではない。品種改良においても植物生長調整剤の使用を前提とした育種も行われていることから、品種選択の際に注意が必要となる。

一方、有機果樹栽培技術の普及のために必要なこれらに関わる技術に関する研究開発や実証展示調査圃の設置は、柑橘類など一部の果樹で始まったばかりであり、大きく立ち遅れている。

6) 用途により品質評価が異なり、外観品質が重視される傾向が強い果実

野菜と米と果実の大きな違いは、果実は日常生活における主食ではなく嗜好品・贅沢品的な傾向が強いことから、品質評価が、その用途(例えば、贈答用か家庭用か)や食生活習慣などの相違(例えば、野菜的に食べるのか、嗜好品・贅沢品として食べるのか、生食用か加工用か等)によって大きく異なることである。特に我が国においては、諸外国以上に、果実の外観、大きさ、食味などの果実品質が価格に大きく影響している。中でも、果実の外観と大きさが一定以上でないと販売は困難であり、場合によっては食味より外観品質が優先されることもある。

果樹の有機栽培では、化学合成農薬の使用ができないため、病害虫によって果実の外

観に問題が生じた場合には、商品価値を著しく低下させることがある。しかし、その一方で、消費者が果実に求めるニーズは、食味、外観、旬、銘柄、加工品、栄養、健康など多様であり、品質評価の基準は販売先によって異なることから、誰を相手に、どのように販売するかといった点を生産者自身が考え、販売先を開拓することができれば、有利に販売を行うことも可能となる。

7) 鳥獣害を受けることが多い

有機栽培特有の問題ではないが、果樹園は山間傾斜地に立地している場合が多く、イノシシやヒヨドリなど、鳥獣害を受けることが多くなっている。イノシシの場合は、有機栽培の圃場には多く生息しているミミズを狙って、圃場や刈り草などの堆積地を掘り起こして、問題になることもある。

2. 果樹の有機栽培を成功させるポイント

1) 基本は健全な樹を育てるための土づくり、雑草を活用した土づくり

有機栽培では土づくりが全ての基本となる。果樹栽培では、不耕起・草生栽培、それも雑草を活用した雑草草生栽培を行うことで、有機物の土中への補給、土壌の団粒構造の発達による土壌の膨軟化、通気性や保水性の向上、あるいは干ばつ防止、天敵や土壌動物の保護など、多くの効用が得られる。一方、健全な植物の特徴は、根張りのよい育ち方と言われており、団粒構造の発達した土壌では、果樹の根張りもよくなる。有機栽培では、土づくりによって土壌の物理性、化学性と共に生物性を向上させることにも重点が置かれている。また、施肥についても外部投入に依存し続けるのではなく、土づくりによって、作物の生育に必要な養分や水分を各生育時期の必要量に応じて供給できる健全な土壌になる。健全な土壌では、健全な作物が育まれるという考え方が基本となる。

先進的な有機栽培実践者に共通しているのは、低栄養、低投入、内部循環を活かした土づくりであり、一度に大量の堆肥を畑に入れて短期間で土を整えようとするのではなく、堆肥以外の有機物（作物残渣、雑草等）を与えながらじっくり土を育て、土壌中の小動物や微生物などの生きものの活性を高めている点である。堆肥といえども、動物質のものを大量に施用すれば窒素過多となり、そのような圃地では、生長が徒長気味となり、病害虫の発生も多くなる。堆肥などを投入する場合には、堆肥の種類、施用量、施用法、施用時期などに留意が必要である。

永年性作物である果樹では、定植後に土壌改良を行うことが難しいため、土壌の排水性、保水性、保肥力などの物理性が劣っている場合は、あらかじめ整備しておく必要がある。

雑草草生の実践に当たっては、適切な管理が行われないと病害虫や害獣の発生、作業環境の悪化等の欠点が大きくなるため、通常は年間 4~5 回の草刈りを行う必要がある。有機栽培では、雑草を敵視するのではなく、如何に土づくり等に活かしていくのかという視点が重要になる。

2) 有機栽培に適した品種、有機栽培が可能な品種の選定と組合せ

有機栽培で土づくりとともに非常に重要になるのが品種の選定である。「品種に勝る技術なし」という言葉があるように、病害虫対策を化学合成農薬に依存しない有機栽培では、品種選択がその可否を決めることになる。日本で古くから栽培されている品種の中に、あるいは民間育種家が育成した品種の中に、耐病性に優れ、栽培しやすい、有機栽培が可能な品種を見出すことができる。残念ながら、日本の公的機関で行われ

てきた果樹の育種は、その主目的を主として果実の品質改良におき、耐病性等の有用形質を持つ個体でも品質が劣っていれば、淘汰してきたこと、また、果樹の育種には長い時間を要するため、有機栽培のために育成された品種は未だ無い。

公的機関による栽培技術指針にも、品種別の特性は紹介されているが、有機栽培の視点からの情報(病害抵抗性等)は非常に少ないので、先進的な有機栽培者の情報や、自らの試作によって確認する必要がある。

さらに、病害虫、気象災害による被害のリスク軽減や労力配分を考慮して、単一品種の栽培ではなく、耐病・耐害虫性、早晩性、収量性や品質特性などが異なる複数品種を組み合わせて栽培することも必要である。

3) 生理・生態、園地の条件を知り「樹と会話できるようになる」

有機栽培に限らず先進的な生産者に共通しているのは、自分の園地がどのような条件にあり、その樹がどのような特性(生理・生態)を有しているか熟知しており、それは園地における鋭い観察眼から得られたものである。慣行栽培では、果樹栽培で最も問題になる病害虫や雑草に対して化学合成農薬で簡単に対処することが可能であるし、樹勢管理も化学合成肥料や植物生長調整物質を用いれば比較的容易である。しかし、有機栽培では、作物の生理・生態や園地の条件に応じた対応や日常的な管理、すなわち「場の技術」が求められ、その基本となるのは、日常的に園地で栽培環境や樹の状態を把握できるようになること、つまり「樹と会話できるようになる」ことである。

4) 有機栽培が可能な園地の選択

既存の園地を有機栽培に転換する場合でも、新たに有機栽培を始める場合でも、その園地において、対象となる樹種が健全に育つための条件が整っているか、最初に検討する必要がある。いずれの場合も、適地適作が大前提であるが、加えて、地形的な条件も非常に重要になる。すなわち、同じ地域であっても、山間地と平坦地、斜面の方向や、周辺部の状況で、生物多様性や生育条件が大きく異なるからである。例えば、傾斜地と平坦地では、風の流れが異なり、霜の降り方も異なる。傾斜地では、標高が低い園地の方が冷気は貯留しやすく、霜の害を受けやすいこともある。また、日照時間が短く、風通しが悪い場所では、病気の発生が多くなりがちである。

また、周辺に山林や雑木林などがある場所では、多様な生きものが生息することができるため、天敵類も豊富となるが、慣行栽培の園地に囲まれた場所や、市街地の中にある園地では、生きものの多様性が低く、土着天敵の供給量が低くなることから、草刈りをする時に、一度に全てを刈り取らずに天敵の居場所を確保する等、何らかの対策が必要となる。

5) 有機栽培に適した開園準備と初期生育の確保

果樹の有機栽培では、成園を慣行栽培から有機栽培に転換することは非常に難しく、苗木の育成と土づくりから始めなければ無理であるという意見もある。その理由は、果樹にも「苗半作」が当てはまり、生育初期における育ち方、すなわち徒長気味に生育したのか、病害虫などによりストレスがかかったのか、あるいは健全に生育したかが、その後の生育特性に大きく影響するからである。低栄養、低投入の土壌で植物自身が有する自然と共生する能力が十分に発揮できるような、根張りの良い健全な苗を育てることが有機栽培を成功させるポイントとなる。

定植後、苗木の育成期間中は、害虫への抵抗性が低く害虫の大発生や雑草の繁茂が著しくなりがちである。葉が食害され、苗の生長が著しく劣ると、着果時期が遅れるだけ

でなく、後々まで樹勢が回復せず病害虫への抵抗性が低くなることが観察されている。この時期における雑草管理や害虫防除には特に注意が必要である。苗木の健全な生育を確保するために、育苗期を長めにとり、苗圃でしっかり管理して健全な苗木を育てた後、定植する方が望ましい。

6) 病害虫には有機 JAS 許容農薬も利用して防除効果を高める

果樹の有機栽培では、耕種的な方法だけでは、防除が困難な病害虫が存在する。有機農業に適した品種が非常に少ない現状においては、健康な樹を維持するために有機 JAS 許容農薬の最低限の使用も考慮する必要がある。但し、農薬の使用は園地の生態系に大きな影響を及ぼし、天敵密度を大きく低下させることが多いので注意が必要である。農薬散布の時期や使用農薬の種類は、園地観察に基づいて判断する必要があり、先進的な有機農業者から情報を得ることが重要となる。

7) 品質基準と販売方法の転換、生食と加工の組合せで販売先を確保

有機栽培の特質を理解して、生産者の想いを理解してくれる消費者や販売先を確保すること、消費者との間に信頼関係を築くことが最も重要になる。それにより、病害虫や気象災害により、例年よりも外観品質が劣る場合にも、食味や栄養価が大きく劣るのでなければ、安定的に購入してもらうことが可能となる。また、宅配や贈答品については、単一品目だけでなく多品目の詰合せも用意するなど、消費者に多様な選択肢を提供することも重要となる。

外観品質が劣るなどの理由で生食用に販売することが難しいものについては、加工用として消費者に販売したり、加工して付加価値を高めて販売する。加工品の開発に当たっては、有機果実であることが生かされることが重要となる。生食と加工を組み合わせることで、廃棄率を最小限にし、経営を安定させることが可能となる。

(本文は、2013年3月発行『有機栽培技術の手引〔果樹・茶編〕』36～40ページに掲載されたものを、一般財団法人日本土壌協会の了解を得て、転載したものである)

有機農業に関する相談の問い合わせ先

有機農業をはじめるとあって、どこに相談をしたらいいのかというのが最初の問題かもしれません。全国には有機農業の相談に応じられる団体がいくつもございます。各団体それぞれ特色があり、答えは様々ありますので、色々と相談してみてください。相談窓口情報の詳細は、ウェブサイト「有機農業をはじめよう！」yuki-hajimeru.net をご覧下さい。

「どこに相談したらいいかも分からない」「有機農業についてまず質問してみたい」などの方は、とりあえず全国相談窓口にお問い合わせしてみてください。

都道府県	団体名	電話番号
全国	有機農業参入全国相談窓口	0558-79-1133
北海道	津別町有機農業推進協議会	0152-76-2151
北海道	北海道有機農業生産者懇話会	011-385-2151
北海道	(公財)農業・環境・健康研究所 名寄研究農場	01654-8-2722
岩手県	一関地方有機農業推進協議会	0191-75-2922
岩手県	岩手県農林水産部農業普及技術課	019-629-5652
宮城県	宮城県農林水産部農産園芸環境課	022-211-2846
秋田県	NPO 法人永続農業秋田県文化事業団	018-870-2661
秋田県	公益社団法人秋田県農業公社	018-893-6212
山形県	遊佐町有機農業推進協議会	0234-72-3234
山形県	山形県農林水産部農業技術環境課	023-630-2461
福島県	(財)福島県農業振興公社 青年農業者等育成センター	024-521-9835
福島県	福島県農業総合センター有機農業推進室	024-958-1711
福島県	NPO 法人ゆうきの里東和ふるさとづくり協議会	0243-46-2116
茨城県	NPO 法人アグリやさと	0299-51-3117
茨城県	茨城県農林水産部産地振興課	029-301-1111
茨城県	NPO 法人あしたを拓く有機農業塾	090-2426-4612
栃木県	NPO 法人民間稲作研究所	0285-53-1133
栃木県	栃木県農政部経営技術課環境保全型農業担当	028-623-2286
群馬県	高崎市倉渕町有機農業推進協議会	027-378-3111
千葉県	有機ネットちば	043-498-0389
千葉県	山武市有機農業推進協議会	0475-89-0590
東京都	東京都産業労働局農林水産部食料安全課	03-5320-4834
東京都	特定非営利活動法人 日本有機農業研究会	03-3818-3078
新潟県	三条市農林課	0256-34-5511
新潟県	にいがた有機農業推進ネットワーク	025-269-5833
新潟県	NPO 法人雪割草の郷	0256-78-7234

都道府県	団体名	電話番号
長野県	(公財)自然農法国際研究開発センター	0263-92-6800
静岡県	一般社団法人 MOA 自然農法文化事業団	0558-79-1113
富山県	富山県農林水産部農業技術課	076-444-8292
石川県	金沢市有機農業推進協議会	076-257-8818
愛知県	オアシス 21 オーガニックファーマーズ朝市村	052-265-8371
三重県	公益社団法人全国愛農会	0595-52-0108
滋賀県	NPO 法人秀明自然農法ネットワーク	0748-82-7855
兵庫県	兵庫県農政環境部農林水産局農業改良課	078-362-9210
奈良県	有限会社山口農園～オーガニックアグリスクール NARA	0745-82-2589
和歌山県	NPO 法人和歌山有機認証協会	073-499-4736
島根県	島根県農林水産部農畜産振興課	0852-22-6704
岡山県	岡山商科大学経営学部岸田研究室	070-5424-2729
広島県	食と農・広島県協議会	090-3177-0438
徳島県	(特非)とくしま有機農業サポートセンター	0885-37-2038
香川県	香川県農政水産部農業経営課	087-832-3411
愛媛県	今治市有機農業推進協議会	0898-36-1542
高知県	有機のがっこう「土佐自然塾」	0887-82-1700
熊本県	くまもと有機農業推進ネットワーク	096-384-9714
熊本県	NPO 法人熊本県有機農業研究会	096-223-6771
大分県	NPO 法人おおいた有機農業研究会	097-567-2613
鹿児島県	鹿児島有機農業技術支援センター	0995-73-3511
沖縄県	(公財)農業・環境・健康研究所 大宜味農場	0980-43-2641

有機農業相談窓口の登録を希望される団体は、「NPO 法人有機農業参入促進協議会事務局 (Tel/Fax : 0263-92-6622)」までご連絡ください。

有機農業の研修受入先をご紹介します

NPO 法人有機農業参入促進協議会（有参協）は、有機農業の参入促進を担っている団体が構成員となり、「公的機関及び民間団体と協働して、有機農業への新規及び転換参入希望者を支援すること」を目的として、本年4月に設立いたしました。構成団体のさまざまな活動情報を紹介するとともに有参協独自の活動を通して、参入支援情報の発信拠点としての役割を担っている団体です。

有参協では国の有機農業総合支援事業（有機農業参入支援データ作成事業）の補助金の交付を受けて、有機農業の実施者を増加させるための事業を進めています。この事業の一環として、有機農業研修受入先の情報整備を行ない、これから有機農業の研修を希望する方に、ウェブサイト「有機農業をはじめよう」（yuki-hajimeru.net）を通じて、希望者に適切な情報を提供しています。

有機農業の研修をされたり、受けられたりしている皆様に、有機農業の研修受入先をご紹介します。よろしくお願いいたします。

ご紹介いただいた研修受入先には、当方より「有機農業研修受入先データベース作成のための調査」用紙をお送りして、研修内容や施設などについてお尋ねします。ご返送いただいた情報については、研修受入先の皆様にご迷惑をおかけしないように最善の注意を払いながら、ウェブサイトにて、研修を希望される方に情報を提供していきます。

研修受入先と連絡の取れる情報＜個人（団体）名、連絡先（住所）、TEL、FAX、E-mail など＞を下記の「有機農業参入促進協議会有機研修先調査室」までご連絡ください。

皆様のご協力をお願いいたします。

NPO 法人有機農業参入促進協議会
有機研修先調査室
〒518-0221 三重県伊賀市別府 740
公益社団法人全国愛農会内
Tel: 0595-52-0108 Fax: 0595-52-0109
E-mail: kensyu@yuki-hajimeru.net

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。

2015年1月16日発行
有機農業実践講座 落葉果樹 資料集
NPO 法人有機農業参入促進協議会事務局
〒390-1401 長野県松本市波田 5632-1
Tel/FAX : 0263-92-6622
Email : office@yuki-hajimeru.net
Website: yuki-hajimeru.net

有機農業実践講座 ～堆肥づくり・土づくり～

私たち人間は、多種多様な食材を食べることで免疫向上や健康増進の食文化を育ててきました。土づくりも同様に考えることが大切です。

本講座では、土壌の特性や作物に合わせた堆肥のつくり方や使い方を学び、「育土」について理解を深めていただきます。皆様のご参加をお待ちしております。

詳しくは、ウェブサイトをご覧ください。

開催日時	平成 27 年年 2 月 8 日（日）～10 日（火）
場所	堆肥・育土研究所（三重県津市白山町川口 6583-1）
講師	西村和雄（NPO 法人京の農ネットワーク 21 理事長） 橋本力男（堆肥・育土研究所代表）
内容	土壌と作物の関係、堆肥づくり・土づくりについて講義と実習
参加定員	15 名
受講料	25,000 円
宿泊・食事代	20,000 円（2 泊 5 食、情報交換会代を含む）
宿泊先	ホテルアザリア（〒515-2603 三重県津市白山町川口 6262 TEL.059-262-4011）
集合・解散	近鉄大阪線 榊原温泉口駅（最寄駅）
主催	NPO 法人有機農業参入促進協議会
共催	堆肥・育土研究所



有機農業をはじめよう!

NPO法人 **有機農業参入促進協議会**

yuki-hajimeru.net



NPO 法人有機農業参入促進協議会（有参協）では、有機農業をはじめたい方を応援しています。全国の有機農業者、有機農業推進団体と連携して、研修先、相談窓口などの情報発信や相談会、実践講座、公開セミナーの開催など、さまざまな活動を行っています。