

第2部 葉菜類等の有機栽培の基本・共通技術

有機栽培を成功に導くには、作物、地域を超えて共通する基本的な考え方があり、また、作物横断的な共通技術がある。そこで、作物別の有機栽培技術に入る前に、それらをまとめて基本的な考え方と共通技術を掲載した。

有機栽培を成功に導くためには、特定の技術を部品のように組み合わせればよいというものではなく、また、慣行栽培を成立させている各種の技術

に代替する手段(代替技術)を取り入れれば、栽培がうまくいくというわけでもない。

本指導書では、有機栽培を成功させていくための作物横断的な重要な技術分野として、適切な作付体系の構築、品種選択と初期生育の確保、土づくりと施肥管理対策、雑草防除対策、病虫害防除対策に分けて、基本的な考え方と有機栽培で考慮すべき対応技術について提示した。

I. 適切な作付体系の構築

1. 基本的な考え方

有機栽培は農業の有する物質循環機能を生かしつつ、化学肥料を利用せずに一定水準の生産性を維持し、農薬を利用しないで病虫害や雑草の被害を回避するものである。

このことを実現するために基本的に重要なことは、農作物が健全に育つ環境づくりである。

このためには、①農作物が健全に育つための土づくりを行うこと、②特定の種類の野菜の連作では連作障害や病虫害の発生が多くなるので輪作体系を行うことが必要である。葉菜類を取り入れた輪作体系を構築していくに当たっては、技術的な観点と流通・販売といった経営的な観点を考慮する必要がある。

1) 作付体系構築上技術的に留意すべき点

作付体系構築上技術的に留意すべき点として、次のようなことが挙げられる。

①作付体系を構築する上でベースになることとして、多くの品目が作付可能になるように土づくりを行うことが大切である。

②排水不良地では、作物の健全な生育が望めない上に、湿害や腐敗性病害など多くの種類の病害が発生しやすくなるので、作物の作付けの前提として排水対策は重要である。

③イネ科やマメ科など科の異なる作物を組み合わせることは有機栽培の基本である。葉菜類の中でもキャベツ、ハクサイのようなアブラナ科の野菜やレタス、シュンギクのようなキク科のものがあ、こうした科の異なった作物の組み合わせが基本となる。

④作物にはそれぞれ生育に適した気温帯があり、特に有機栽培では極力適温の時期に作付して順調な生育が図れるようにする必要がある。例えば、レタスやホウレンソウなどは比較的低温を好み、また、コマツナは比較的暑さにも適応するので、作物の生理生態や品種特性に適合した栽培時期を選択する。

⑤土壌の種類や土壌の肥沃度によって作物特性に相違があり、特性を踏まえた組み合わせを行う。例えば、ホウレンソウやキャベツは肥沃な土壌を好むが、スイカやサツマイモなどは肥沃であるとつるボケしやすく作りにくい。

⑥有機物や養分の補給等による地力の維持や線虫等土壌病虫害対策も考慮し、緑肥作物、マメ科作物なども作付体系に取り入れるとよい。

2) 流通・販売面も考慮した作付体系の構築

作付体系を構築していく際には、流通・販売面のことを考慮しておく必要がある。留意すべき点として、次のようなことが挙げられる。

(1) 販売先の意向を踏まえた作物の種類や品種を取り入れる必要がある。

有機農産物の流通業者へ販売をしていくのであれば、業者側は全国的見地から品揃えをすることが可能なので、多品目栽培により対応していく必要はないが、レストラン、自然食品店、個人宅配を中心とした生産をするのであれば、出荷先のニーズに沿って多品目の生産をする必要がある。特にレストランなどでは、葉菜類をサラダの彩りとして重視しており、彩りや形の異なった品種などを提案しつつ、ニーズに沿ったものを作付けする必要がある。

(2) 作付期間の拡大、品目の拡大や生産安定のため、ハウス栽培の導入も検討していく必要がある。

流通業者等は有機農産物が安定的に供給されることを望んでいるが、有機栽培が行いやすい適期適作の限られた時期だけに集中した栽培のみでは、生産物が特定の時期に集中してしまい、荷受け側での受け入れが難しくなる。実需者側の要請に応え、可能なかぎり計画生産、計画出荷を図っていくためには、露地栽培のみでは対応が困難であるので、ハウス等施設栽培の導入を図っていく必要もある。

また、葉菜類、トマト等果菜類は降雨の影響を受けやすいので、品質の良い作物を安定して生産するためにもハウス栽培の導入を検討する必要がある。

(3) 有機農産物の外観などについて出荷先などの理解を得ておく。

有機栽培の初期段階においては、定期的な農薬散布によって外観のよい品質を維持している慣行栽培並みの農産物の生産が困難なことが多いので、あらかじめ出荷先や消費者の理解を得ておく必要もある。

3) 「圃場カルテ」などによる計画的圃場管理の実施

有機栽培では、さまざまな作物を取り入れた作付体系を構築していくことが多いが、圃場ごとに作

付作物が異なったり、同一圃場内でも間作、混作が行われることもあり、特に、栽培規模が大きくなると圃場管理が適切に行えないことによる問題も起きてくる。元々有機栽培は安定した圃場生態系が構築されている状態で安定して成り立つことから、計画的な圃場管理は重要な要素になる。

このためには、圃場ごとの作付履歴や土壌の肥沃度等の特性を把握するとともに、圃場ごとの作付計画に基づき、育苗、圃場準備作業、肥培管理などを適期に行っていく情報管理が欠かせない。

そこで、作付作物、施肥管理、土壌管理、病害虫の発生状況、収穫量などの圃場毎の履歴を、「圃場カルテ」として年次毎に記録、整備しておき、有機栽培を安定して継続できる体制を整えたい。

2. 作付作物・作型の選択と留意点

1) 有機栽培に適応可能な葉菜類の種類

葉菜類は果菜類と違い、葉や茎といった栄養器官を収穫の対象とするので、病害虫の被害が発生すると商品性が著しく損なわれ、一般には市場流通にはなじまない。したがって、葉菜類の有機栽培は果菜類と比較し難しいといえる。特に、被害の大きい病害虫の発生が多いもの、生育期間が長く病害虫に犯される危険が大きいものは、栽培そのものが成り立たなくなる。

例えば、セルリーは育苗期間・圃期間が共に他の野菜類に比べて長く、葉枯病や斑点病の被害が大きいので、有機栽培には不向きである。また、葉菜類には結球野菜のキャベツ・ハクサイ、花蕾を対象とするブロッコリー・カリフラワー、小物野菜的なコマツナ・チンゲンサイなどアブラナ科野菜が多く、これらはいずれもアオムシやヨトウムシ、タバコガ、コナガなどチョウ目害虫など、葉を食害する害虫の被害が大きいので、後述するようにできるだけ被害の少ない作型を導入するように留意する必要がある。このほか、アスパラガスは野菜類では数少ない永年作物であり、茎枯病や斑点病の被害が大きく、特に茎枯病は一旦発病すると年々被

害が拡大し株が枯死していくので、有機栽培は極めて難しい。

したがって、葉菜類の有機栽培に初めて取り組む場合には、その地域の慣行栽培において農業による病害虫の防除回数が少なく済む作物を選定するのがよい。そして、経験を積みながら扱う種類を増やしていくのが有機農業を継続するうえで大切である。

2) 葉菜類の作付体系

有機栽培では、一般に輪作を行うことが基本であり、作付体系も同科同士の作型の組み合わせは避けて異科作物を組み合わせることが重要である。

慣行栽培では、効率的な生産を行うため、必然的に収益性の高い作物同士を組み合わせた作付体系が多くなる。特に経営面積が小さい場合には連作が恒常化しており、土づくりのための緑肥作物やクリーニングクロップが導入されることは少ない。そのため、多くの産地で連作障害により生産が不安定になり、その対策に多大な労力と経費を費やしている。有機栽培は、生態系を重視した農法であり、このような慣行農法の陥った誤りを踏襲することは避けなければならない。

作付体系は、基本的には異科作物を組み合わせることとするが、有機栽培の取組年数が浅い場合には、土づくりを進めるため、前後作のいずれかにスイートコーンやエンバク、ライムギ、ソルガムなどのイネ科作物を導入したい。これらのイネ科作物は、根が深く伸びるため土壌の透水性向上に役立ち、有機物として鋤込むことにより土壌の物理性や生物性の改善とともに地力窒素の蓄積に有効である。また、スイートコーンやエンバクは、土壌病害の発病抑止に効果をもつ対抗植物としての役割も持っている。スイートコーンはアブラナ科野菜の根こぶ病対策として、エンバクのハイオーツなどはネグサレセンチュウ対策として有効であるとの研究事例も多い。

有機栽培におけるイネ科作物の導入効果については、(財)自然農法国際研究開発センター

農業試験場(2010年)¹⁾が、寒冷地における葉菜類の作付体系として、「スイートコーン-秋どりハクサイ」、「初夏どりキャベツ-キビ」、「春作ライムギ-秋どりキャベツ」の組合せで試験を行い、施肥の低投入栽培が成立することを実証している。

3) 葉菜類の作型選択と留意点

我が国における野菜類の生産は、生鮮品として周年供給するため、地域性と季節性に対応した作型の分化によって行われている。その様態は、多様化する消費者ニーズに対応して、多くの野菜類で極めて多様性に富んだものになっている。

このような経過の中で、全国の試験研究や普及、生産・流通等の関係者における作型についての認識の共有化を図るために、野菜茶業研究所(独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構)の前身である野菜試験場は、1981年に全国の野菜・花きについて、「作型の実態やその呼称の調査」を行い、その後も逐次「作型用語の統一」(1984年)や「野菜の種類別作型調査」(1999年、2010年)を実施してきている。

この調査を通じて、作型の定義が行われ、「作型とは、地域や季節に応じて異なる自然環境において、作物の経済栽培を行うための類型的技術体系であり、技術体系の主たる構成要素は、品種選定、環境調節及び栽培管理技術である」としている。この調査は、一般的な慣行栽培について行われたものであるが、当然有機栽培についても当てはまるものである。

作型を構成する要素のうち最も基本となる条件は、作物を取りまく自然環境の季節性であり、中でも温度条件が最も大きな要因であり、光や水もその要因の1つとなっている。有機栽培は慣行栽培と比べて、特に施肥管理で速効的な肥効調節が難しいこと及び病害虫と雑草の発生が栽培の安定化の大きな制限因子になっており、このため慣行栽培に増してこれらの制限因子に及ぼす自然環境の影響が大きいことを十分に認識しておく必要がある。

また、作型の構成要素としては、自然環境の季

節性のほかに、季節性に対応した品種分化と、温度調節を主とした環境調節技術が挙げられる。

そこで、有機栽培を行うに当たっては、作物毎にその地域の慣行栽培における作型がどのような構成要素によって成立しているかを理解し、その上でこの構成要素の影響が有機栽培を行う場合にはどのように変化するかを検討し、前述した制限因子の影響が小さい作型を選択することが望ま

しい。

なお、作型の選択に当たって参考となる資料を、野菜試験場の研究資料(第16号)野菜・花きの作型用語(野菜試験場 1984年)²⁾及び野菜茶業研究所の研究資料(第2号)野菜の種類別作型一覧(2009年度版)(野菜茶業研究所 2010年)³⁾から引用し、参考資料として以下に示す。

【参考】

●作型の呼称について

作型分化を促す要因として、播種期別の品種選択を主とする作物と、環境調節技術を主とする作物に大別して、作型呼称を適用している。分類型は下記の通りで、それぞれの分類型に属する作物名を別表に示した。

- ①分類型Ⅰ(播種期別の品種選択を主要因とする作物) 葉茎菜類・根菜類の多くがこれに属する。基本作型名は、播種期の季節区分によって、「春まき」、「夏まき」、「秋まき」、「冬まき」とするが、必要に応じ、「早春まき」、「晩春まき」、「初夏まき」、「晩夏まき」、「初秋まき」、「晩秋まき」、などに細分して呼称することができるとしている。
- ②分類型Ⅱ(環境調節技術を主要因とする作物) 果菜類の大部分がこれに属する。基本作型名は環境調節の有無、方法及び時期などによって、「普通」、「早熟」、「半促成」、「促成」、「抑制」とするが、作型の内容をさらに詳細に示す場合に、「露地早熟栽培」、「トンネル早熟栽培」、「加温半促成栽培」、「無加温半促成栽培」、「露地抑制栽培」、「ハウス抑制栽培」などに細分して呼称するとしている。
- ③分類型Ⅲ(分類型Ⅰ・Ⅱに含めない例外扱いの作物) イチゴ、ウド、フキ、アスパラガス、ジャガイモなど分類Ⅰ・Ⅱに含めるには生態反応などで無理があるものを例外扱いとして分類している。

分類型別の野菜作物名

分類型	区分	作物名
Ⅰ 品種選択型	果菜類	エンドウ、ソラマメ
	葉茎菜類	キャベツ、カリフラワー、ブロッコリー、メキャベツ、洋種ナタネ類、ハクサイ、チンゲンサイ、コマツナ、ナバナ、ツケナ類、カラシナ類、セルリー、パセリ、リーフレタス、レタス、シュンギク、ホウレンソウ、タマネギ、ネギ、ワケギ、リーキ
	根菜類	ダイコン、カブ、ニンジン、ゴボウ
Ⅱ 環境調節型	果菜類	キュウリ、スイカ、メロン、シロウリ、ズッキーニ、カボチャ、ニガウリ、トウガン、ユウガオ、トマト、ピーマン、トウガラシ、ナス、サヤインゲン、エダマメ、ササゲ、スイートコーン、オクラ
	葉茎菜類	シソ、セリ、ショクヨウギク、アーティチョーク、モロヘイヤ、ツルムラサキ、タケノコ、ワラビ、ゼンマイ、ニラ
	根菜類	ニンニク、ユリネ
Ⅲ その他	果菜類	イチゴ、(温室メロン)
	葉茎菜類	チコリ、ウド、ミョウガ、ミツバ、フキ、アスパラガス、モヤシ、タラノメ、ラッキョウ
	根菜類	ワサビ、ジャガイモ

●作型呼称に用いる地域表示

我が国の野菜類の作型は、主としてその地域の自然環境や季節変動に基づいて成立・分化しており、また同一の作型であっても地域によって作期を異にして分布している。自然環境にはいくつかの要因があるが、野菜の作型成立の基本的要因としては気温が主となるので、従来から一般に用いられてきた気候帯区分による「寒地」、「寒冷地」、「温暖地」、「暖地」、「亜熱帯」の5地域を作型表示の地域区分とし、年平均気温により以下のように分類している。なお、括弧内の年平均気温は目安である。

- ①寒地 北海道全域及び東北、北陸、関東並びに東山の一部分(年平均気温9℃未満の地域)
- ②寒冷地 東北及び東山の大部分並びに北陸、関東、東海、近畿、中国、四国、九州の一部分(年平均気温9～12℃の地域)
- ③温暖地 北陸、関東、東海、近畿及び中国の大部分並びに東北及び東山の一部分(年平均気温12～15℃の地域)
- ④暖地 四国及び九州の大部分並びに関東、東海及び中国の一部分(年平均気温15～18℃)
- ⑤亜熱帯 沖縄県全域を含む南西諸島及び伊豆諸島の一部並びに小笠原諸島(年平均気温18℃以上の地域)

4) 主要な葉菜類の作型選択と留意点

有機栽培における作型の選択は、基本的には慣行栽培における各作型の特徴を把握し、作りやすさを指標にして選ぶのがよい。しかし、有機栽培では、化学肥料と農薬により安定した栽培が得られる慣行栽培とは異なる部分もあるので、当該作物の栄養生理と生態特性、病虫害の発生生態を十分に把握した上で取り組む必要がある(第3部での作物別の有機栽培技術ではこのための情報提示に意を用いた)。

以上の視点から、ここでは葉菜類の代表的な作物の一つであるハクサイを取り上げて、有機栽培の作型選定における留意点を例示的に述べる。また、キャベツ、ハクサイ、レタス、ホウレンソウについては、作型選択の留意点を列挙したので、ハクサイの内容を参考にして、それぞれの地域に適合した作型を検討されたい。

(1) ハクサイ

栽培は露地栽培が主体で、全国の幅広い地域における作型に適応した品種選択により周年生産が行われているが、一般の需要期は秋冬期で、この時期の生産量は全体の70%に及ぶ。

ハクサイは冷涼な気候を好み、生育適温は生育期で18～20℃、結球期はやや低温の15～18℃である。基本作型は、春まき、夏まき、秋まき、冬まきに分類され、全国で地帯別にほぼ周年にわたり播種期が組み合わされ、周年生産が成立している(表 I - 1)。

作型成立の構成要素は主に温度特性で、苗から生育初期の低温(13℃以下)と結球期の高温(18℃以上)が作型を決める上での決定的な制限要因になっている。すなわち、冬まき栽培や春まき栽培では、育苗期から生育初期の低温遭遇により不時抽台の危険があり、一方、結球期が高温になる夏まき栽培を中心とした作型・作期では、軟腐病やウイルス病の被害が問題となる。

このような背景から、最も栽培しやすい地帯・時期は、急激な温度変化の少ない温暖地の初秋期から秋冬期にかけてであり、作型としては秋まき作型である。この作型では、外葉発育期はやや高温で秋雨時期を過ぎた時期に当たり、生育は安定し外葉の発育が順調に行われる。そして、結球期に入る頃からは徐々に秋冷となり、やや日数をかけて結球していく。有機栽培においても、この作型が最も適応性が高いといえる。

この作型でハクサイの有機栽培を行う場合の留

意点は次の通りである。

作期の設定では、早まきするとウイルス病の被害が大きくなり、結球期には軟腐病が発生する。このことから、有機栽培を行う場合には作期をやや遅らせた方が栽培しやすい。

一方、作期が遅れると、生育後期が低温過ぎて球肥大が抑制され、小球となったり不結球になる恐れも出てくる。特に、有機栽培では低温期に速効的に効果が出る施肥管理が困難であるので、この点にも留意しなければならない。

したがって、作期の設定は、畑の肥沃度や使用する肥料など肥効の発現に留意し、球肥大に支障が生じない範囲でやや遅い作期とするのがよい。

栽培上の留意点としては、有機栽培では一部の農薬を除いて使用できないので、アオムシ・ヨトウムシなどのチョウ目害虫、コナガ、アブラムシなどの防除を効果的に行わなければならない。生育の

初中期にかけてこれらの害虫の被害が多いので、育苗中から不織布や寒冷紗などの防虫資材の被覆が不可欠である。また、アブラムシ伝搬によるウイルス病防除には、忌避資材としてシルバーマルチなどの利用も有効である。

農薬としては、有機JASを考慮すれば、被害の大きいチョウ目害虫に対しては性フェロモン剤やBT剤の利用が可能であるので、状況に応じて使用する。雑草防除と併せて、降雨による泥はね防止、地際部からの腐敗性病害の発生を少なくするため、ポリマルチの利用が推奨される。

その他の作型における有機栽培を行う上での留意点を次に列挙する。

①冬、春まき作型

この作型は、低温期から栽培が始まるが、低温のため圃場における肥効の発現が慣行栽培より緩慢で、初期生育が劣りやすい。そのため、生育期間が延びて不時抽台しやすく、収穫期が高温期

表 I-1 ハクサイの作型

基本作型	地 域	は種期	収穫期	作型呼称	備 考	
春まき	寒 地 } 寒冷地 } 温暖地 } 暖 地 }	月旬 月旬	月旬 月旬	(寒 地) } (寒冷地) } (温暖地) } (暖 地) }	春まきトンネル 春まき	
		3 ~ 4	6 ~ 7			温冷床育苗
夏まき	寒 地 } 寒冷地 } 温暖地 } 暖 地 }	5 ~ 7	7 ~ 9	(寒 地) } (寒冷地) } (温暖地) } (暖 地) }	夏まき	
		5 ~ 7	7 ~ 9			早春まきもある
		5 ~ 6	7 ~ 8			
秋まき	寒 地 } 寒冷地 }	7下~8上	9 ~ 11	(寒 地) } (寒冷地) } (温暖地) } (温暖地) } (温暖地) } (暖 地) }	秋まき	
		7下~8上	9 ~ 11			(早出し)
	温暖地 }	8上~8中	10 ~ 11			(早出し)
		8上~8下	10 ~ 11			(早出し)
	暖 地 }	8中~8下	10 ~ 11			(遅出し)
		8中~8下	1 ~ 3			囲いハクサイ
冬まき	寒 地 } 寒冷地 } 温暖地 }	1中~2中	4下~5下	(寒 地) } (寒冷地) } (温暖地) } (温暖地) } (暖 地) }	冬まきハウス 冬まき 冬まきトンネル 冬まきハウス	
		12中~1下	3 ~ 5			(早出し)
		12上~1下	3 ~ 5			(遅出し)
	暖 地 }				囲いハクサイ	
					温床育苗、マルチもある	

注：野茶試験場 研究資料(第16号)²⁾を一部改変

にずれ込むと軟腐病の発生も多くなる。

したがって、育苗期の保温管理は厳重にし、定植圃場は早めにポリマルチを設置して地温上昇を図り、トンネル・べたがけ等の保温資材を利用し保温を徹底する必要がある。

また、品種は晩抽性品種を用い、早まきほど極早生系品種を使用して短期に栽培を終了させるとよい。生育後半期には害虫の発生がみられるので、不織布や寒冷紗等の防虫資材を利用し防除する。

流通面では、この時期の出荷は一般の需要期である秋冬期を過ぎて業務用が主体であるので、販路をあらかじめ確保し契約生産の準備しておくことが必要となる。

②夏まき栽培

この作型は、夏の冷涼な気候を利用した栽培で、寒地を主体に寒冷地の一部において栽培が可能である。冷涼な気象条件といえども夏期の栽培になるので、害虫の被害とウイルス病や軟腐病などの被害が多く、有機栽培が困難な作型である。この作型の導入には、ある程度有機栽培を行ってきた経験が必要であり、ハクサイの栽培に適する圃場の選定、耐病性品種の採用、ポリマルチ及び被覆資材の利用が不可欠の条件である。

(2) キャベツ

基本作型は、春まき、夏まき、秋まき、冬まきに分類され、ハクサイと同様に地帯別の栽培時期と品種、育苗技術により、主に露地栽培で周年生産が成立している。

有機栽培の作型選択では次の点に留意する必要がある。

①低温期に栽培が始まる、あるいは生育中期以降が低温期に遭遇する作型では、地温の低下により肥効の発現が低下するので、圃場の肥沃度が高くないと慣行栽培のような大玉生産は望めない。したがって、土づくりの進んだできるだけ地力窒素の豊富な土壌からなる圃場を選定する。晩春から夏まきの適温下での作型では地力窒素の発現も大きくなるので、低温期より旺盛な

生育が得られるが、この場合でも肥沃度が低い圃場は、有機質肥料の施用だけでは十分な生育は望めないで避けた方がよい。

②キャベツはハクサイより生育期間が長く、病害虫の被害に遭う危険性が大きくなるので、基本的には病害虫の発生が多い作型・作期は避けることが望ましい。しかし、生育期間が長いことから、いずれかの生育ステージで病害虫の発生がみられるので、耐病性のある品種を採用し、害虫対策には不織布や寒冷紗等の被覆資材を利用し、防除を徹底する。

③低温期から栽培が始まる作型では、ハクサイほどではないが不時抽台の危険があるので、適切な播種期の設定と品種選択を行い、併せて育苗中の温度管理、定植初期の保温管理に注意を要する。

(3) レタス

比較的冷涼で、降雨が少ない気象条件に適応し、生育適温は17～23℃前後である。花芽分化・抽台の主要因が高温長日であるため、夏期の栽培は冷涼地に限られるが、その他の時期は抽台の危険性が無いので全国的に広い地域で栽培されている。

基本作型は、春まき、夏まき、秋まき、冬まきに分類されるが、作型成立の制限要因は夏季の高温が主なものであり、また、生育期間が短く低温期の栽培では病害虫の発生も少ないので、キャベツやハクサイより有機栽培が行い易い作物である。結球期には、20℃を越えると抽台や腐敗性病害が増加し、-2℃程度以下の低温では凍害が生ずるので、この条件を考慮して、作型を設定する。

有機栽培では次の点に留意する。

①春まき栽培では、播種期が遅れると収穫期が梅雨期から高温期に遭遇し、腐敗性病害の被害が多くなるので、梅雨期までに収穫を終了する作期を選定する。

②夏秋どり栽培では、冷涼地の中でも気温が高く推移する地域では、抽台の危険性や病害虫の被害が多いので、できるだけ冷涼な地域に限定

して行う。

③害虫では、アブラムシのほか、近年オオタバコガやハモグリバエの被害が増加しているため、秋冬期の一部作型を除いて防虫資材の被覆により防除を徹底する。

(4) ホウレンソウ

一般の需要期は従来秋冬期が主体であったが、さまざまな料理への利用や業務用の需要が増加し、これに応じて周年栽培が成立している。栽培日数は低温期では長い、高温期では30日前後で収穫できる。

基本作型は、春まき、夏まき、秋まき、冬まきに分類される。集約的な作物でもあり、単作型の栽培もあるが、近年は温暖地や寒冷地の一部ではパイプハウスを利用して年7回前後の作付けが行われている。また、露地栽培が可能な時期でも、生産安定のために簡易な雨よけ栽培に移行する事例が増えている。

有機栽培では次の点に留意する。

- ①降雨による障害を避け、べと病対策など生産安定を行うため、可能な限り雨よけ栽培とする。
- ②パイプハウスの導入は、生産安定、作期拡大には有効であるが、技術レベルや経営規模を勘案して慎重に行う。
- ③同一圃場における連続栽培は病虫害の増加を招くので、基本的には他作物との輪作を行う。
- ④ハクサイ、キャベツと同様に、低温期の肥効発現を促す施肥管理を行う。
- ⑤アブラムシやヨトウムシ等の害虫の被害があるため、防虫被覆資材を活用する。

引用文献

- 1) (財)自然農法国際研究開発センター農業試験場 2009年度試験成績書 2010年
- 2) 野菜試験場 研究資料(第16号)野菜・花きの作型用語 1984年
- 3) 野菜茶業研究所 研究資料(第2号)野菜の種類別作型一覧(2009年度版)2010年

Ⅱ. 適切な品種の選択と初期生育の確保

1. 基本的な考え方

1) 品種選択

(1) 有機 JAS と有機種子の利用

有機農産物の生産の方法は、「有機農産物の日本農林規格」にその基準等が定められている。生産に使用する種子、苗等についてもこの中で基準が定められており、有機農産物の生産基準にのっとった方法で生産されたものを使用しなければならないことになっている。

ただし、入手が困難な場合には、使用禁止資材（「同規格第3条」に定義されている）を使用することなく生産されたものを使用してよいが、さらにこのようなものも入手が困難な場合は、一般の種苗を使用してよいことになっている。

現状では、有機栽培で生産された種子は、個人等で有機栽培により自家採種されたものが多くを占めていると思われ、有機栽培で採種された市販品種の入手は困難な状況にあるので、当面は一般の市販品種を使用することになる。

(2) 耐病性品種の利用

有機栽培では、一定の基準を満たす場合を除き農薬を使用しないので、慣行栽培においては容易に防除できる病害虫でも被害を受ける危険が常につきまとう。したがって、いずれの作物でも共通であるが、できるだけ一般病害に耐病性がある品種を、作型に適応した形で使用することが必要である。さらに、一般病害に強だけでなく、土壌病害に耐病性があれば生産が安定する。

土壌病害では、キャベツの萎黄病やハクサイの根こぶ病の被害が大きい。キャベツ萎黄病は抵抗性品種が数多く開発されているので利用するとよい。また、ハクサイ根こぶ病は抵抗性品種が開発されているが、多くのレース分化が認められている現状では、発病地ではアブラナ科野菜以外の作

物を作付ける方法で対処した方がよい。レタスでは根腐病の発病があるが、現在全国で長野県、茨城県、長崎県及び群馬県における局地的な発生であるので、発病地以外では抵抗性品種の利用は考えなくて良い。

(3) 固定品種、在来品種の利用

2008年度に実施された農林水産省の有機農業関連の調査事業報告（日本有機農業研究会2009年）¹⁾によると、有機栽培に使用する品種は、自家採種による固定品種が望ましいとしている。その理由として、有機栽培において使用する種子を自家採種により自給することが、自給・自立を旨とする有機農業の理念に添い、それぞれの地域に適した固定品種ができあがるとしている。同様な視点から、各地域に古くから維持されてきた在来品種や地方品種も有機栽培に適するとしている。

しかし、これらの品種の利用に当たっては、以下のような問題点もあるので、十分検討してから使用するようにする。

①種苗会社で育成された固定品種は、揃い性など一定の品質を持っているが、農家などの自家採種品種は、揃い性や耐病性等が劣るものもあるので、由来や特性が明らかなのを使用する。

なお、主要な葉菜類では、レタスを除いてアブラナ科野菜やハウレンソウ、タマネギなど他雑性の作物が多いので、一般農家での固定品種の自家採種は技術的に難しい面がある。

②固定品種や在来品種は、交配種のように揃った生育が得られないので、生育管理や適期収穫など、栽培面できめ細かい対応が必要である。

③在来品種や地方品種として代々受け継がれてきた品種は、その地域の限られた栽培時期に適応したものであり、異なる栽培地域や栽培時期に適応できるか不明の場合が多い。

例えば、長野県では、長期貯蔵漬物用の地大根や蕪菜が多いが、これらはいずれも晩秋か

ら初冬どりで、各地域で極めて狭い作期での栽培が成立しており、わずかの日数の早まきでもモザイク病が多発するなど、作型適応性に欠ける。

また、在来品種には独特の形状や品質を持ち、一般流通にはなじまないものも多いので、販路の確保などについてもあらかじめ準備を行っておく必要がある。

- ④自家採種の種子については、特に種子伝染性病害の汚染に留意しなければならない。多くの種苗会社では厳格な品質管理がなされているが、農家等で行われている自家採種の種子では厳格な品質管理対策が取られていないか、あるいは対策を取るのが難しいことが問題点として挙げられる。また、種子交換会などを通じて汚染種子により病害が広まる危険性もある。

種子伝染性病害に汚染された種子は一次感染源となるため重要な防除対象であり、例えば、農林水産省が環境保全を重視した農業の推進策の一つとして策定したIPMにおいても、キャベツの実践指標モデルでは、作付前準備の管理手法として「健全種子の確保」を種子伝染性病害対策として必須項目に挙げている。

このことは、有機栽培では慣行栽培以上に重要であるが、「一部の有機農業団体では、自家採種種苗の利用を推進している。しかし、ウイルス病を中心として種子伝染性病害に汚染した自家採種種苗を用いた場合、他の一般栽培圃場への伝染源となる危険性も考えられる」(白川隆2007年)²⁾と自家採種種子の問題点を指摘している。そして、今後のあり方として、「隔離した圃場での採種など健全な種子の生産技術の普及と有機農業に対応した一般農家でもできる種子消毒法等の対応技術の開発と普及が急がれる」(同)としている。

(4) 市販品種の利用

固定品種や在来品種は、前項で述べたように問題点もあるので、特に有機栽培の経験の浅い場合には、市販品種を利用する方が問題が少ない。葉

菜類では、市販品種の多くが自殖性作物のレタスを除いて交配種が多いが、有機栽培で使用しても問題はなく、むしろ安定した栽培が得られる。

市販品種は、多肥栽培を必要とし、病害にも弱いいため有機栽培には適していないという指摘もあるが、近年は種苗会社でもこのような作りにくい品種は開発していない。むしろ、環境保全型農業の推進などに呼応して、耐病性があり少肥でも栽培できる品種の開発に向かっている。また、キャベツやハクサイなど主要品種については、それぞれの地域に適応するように環境適応性の異なる品種が開発されているので、作型適応性を含めて適品種の選定を心がける。

2) 初期生育の確保

慣行栽培では、肥効の異なる数多くの化学肥料の利用により、容易に生育調節が可能であり、特に低温期で肥効の発現が緩慢な時期においても、硝安系の速効性肥料の効果が高い。

一方、有機栽培では、有機質肥料の無機化は地温に左右され、低温期での肥効発現が緩慢であることによる生育抑制が問題になっている。特に、低温期に定植する栽培では、初期生育が遅れ、生育期間が延長することにより生産が不安定になりやすい。

初期生育の確保対策としては、苗利用の作物については、慣行栽培よりも大苗に育苗し、定植後の生育促進を図る。低温期に、播種、定植する場合は、状況に応じて、ポリマルチ、トンネル被覆、不織布等によるべたがけなどにより保温管理を徹底する。播種、定植に当たっては、できるだけ土壌水分が適湿の時にやり、状況によりかん水を行い、発芽、活着を促進させる。

2. 品種の選択と種子の確保

その地域で安定した有機栽培が行われている事例があれば、そこで使用されている品種を選択するのがよい。栽培技術も共有して生産技術の向上を図ることにより、有機栽培の参入者を増やすことにもつながる。

また、その地域の慣行栽培で広く使用されている市販品種で、なかでも耐病性があり少肥性の品種があればそれを選ぶのがよい。

主要な葉菜類について、有機栽培で特に留意する品種特性を次に列挙する。

1) キャベツ

(1) 春まき栽培

初春から初夏にかけて播種し夏秋期に収穫する作型で、冷涼な寒地・寒冷地では栽培しやすいが、早まきでは不時抽台の危険があるので晩抽性品種を選定する。

温暖地では、梅雨期の湿害や夏期の高温が生産を不安定にするので、根張りのよい耐暑性のある品種を選定する。盛夏期前後の栽培で病害の発生が多いので、黒腐病やその他一般病害に耐病性のある品種を選定する。

(2) 夏まき栽培

早まきでは、育苗が高温期に当たり、生育初期には台風や秋雨に見舞われるので、耐暑性があり、根張りのよい湿害に強い品種を選定する。遅まきでは低温で肥効が劣り収穫期が遅れやすく、収穫期間も長期に亘るため、低温結球性で耐寒性が強く、在圃性の高い裂球しにくい品種を選定する。

(3) 秋まき栽培

早まきでは、低温期に入る時期には生育が進み不時抽台の危険があるので、晩抽性品種を選定する。春先の気温上昇とともに収穫期に向けて急速に生育が進むので、裂球しにくい品種を選定する。

2) ハクサイ

育苗期から生育初期が低温期に遭遇する冬・春まき栽培では、有機栽培は慣行栽培に比べ生育が緩慢になり不時抽台を起こしやすいので、早まきするほど極早生系で、晩抽性品種を選定する。また、遅まきでは軟腐病に強く、早生～中早生

系品種を選定する。なお、晩抽性品種の中には石灰欠乏症(縁腐れ症、芯腐れ症)が多いものがあるので、あらかじめ品種特性を確認する。

(1) 夏まき栽培

寒地・寒冷地の早まき栽培では晩抽性品種を選定する。また、軟腐病に強く、その他一般病害に耐病性があり、カルシウムやホウ素などの微量元素欠乏症やゴマ症などの生理障害の少ない品種を選定する。

(2) 秋まき栽培

早まきでは、ウイルス病、軟腐病に耐病性があり、生育初期が秋雨期であるので、根張りがよく湿害に強い品種を選定する。また、晩生系品種より早生系品種の方が在圃期間が短く、病虫害や気象障害を受ける危険性が減少するので、有機栽培に適応性が高い。

3) レタス

レタスは軟弱な葉を持つ野菜で、結球葉にも病害が発生しやすいので、耐病性品種の選定は必須である。慣行栽培における品種の中から、低温期から春期の栽培では、斑点細菌病、べと病、すそ枯病に対して、夏秋期の栽培では、腐敗病、斑点細菌病、すそ枯病に対して耐病性のある品種を選定する。

慣行栽培では、窒素過多による結球異常(過大軟球、タケノコ球など)や縁腐れ症など生理障害が問題となり、発生が少ない品種選定が重要であるが、急激な肥効発現がない有機栽培ではその心配は少ない。

しかし、結球異常の中でタコ足球と呼ばれる結球葉中肋部の突出する変形球は、結球期に入る頃からの外葉の生育が不良の場合に発生が多く、有機栽培では発生しやすい。特に、夏秋どりを中心とする高温期の栽培で恒常的に発生するが、品種間差があるので発生が少ない品種を選定する。

高温期の栽培では、晩抽性品種を選定する。

4) ホウレンソウ

秋まき栽培が最も栽培しやすいが、早まきでは耐暑性、べと病抵抗性がある品種を、遅まきで春どりの栽培では晩抽性品種を選定する。

春夏まき栽培は長日期に当たり、慣行栽培より生育の速度が緩慢であるので、極晩抽性で耐暑性のある品種を選定する。

3. 健苗の育成と初期生育の確保

1) 健苗の育成

(1) 葉菜類の育苗方法

葉菜類における育苗方法とその特徴を表Ⅱ-1に示した。これは、慣行栽培で行われている方法であるが、有機栽培においてもこの方法に準じて行う。それぞれ特徴があるが、基本的には栽培す

る作物、作型に応じて、適応性の高い育苗法を採用する。

苗の大きさは、いずれの作物でも低温期ほど大苗とし、初期生育を確保する。

最近では、セル成型育苗が増加している。この育苗方法は、小面積で大量の苗を効率よく育苗でき、適切な管理を行えば揃いのよい苗が得られる。

ソイルブロック育苗は、ソイルブロックマシンにより成型したソイルブロックを培地に使用することで、成型から播種まで自動化されている。現在、ソイルブロックマシンの製造は中止されていて入手できないが、新たに別会社が開発中であり、今後入手は可能と推定される。ソイルブロック苗は、ブロックがつながった状態で育苗されるため、定植時に断根されるが、セル成型苗と異なり定植後の2次根の発生が早く活着がよい。育苗中の培地はセ

表Ⅱ-1 葉菜類の育苗方法とその特徴

育苗法	育苗の方法	長所と短所	主な適用野菜と注意点
地床育苗	畑に育苗床をつくり成苗まで育苗する方法と、播種床を別に設けて仮植床に移植して成苗まで育苗する方法とがある。	資材を必要としないので、生産コストがかからない。ポリフィルムや寒冷紗などでトンネルかけを行えば、苗の生育環境を整えることができる。	採苗時に断根しやすいため、発根力の強いキャベツなどに適している。
ソイルブロック育苗	成型した育苗用土を用いた育苗方法である。用土は、消毒した畑土にピートモスやバーミキュライトなどを混合し、ソイルブロックマシンで成型する。	発根量は少ないが、活着がよい。畑土が利用でき、ブロックがつながっているためセル育苗より乾きにくく、かん水回数が少なくて済む	必ず土壤消毒した培土を用いる。レタスやハクサイで利用される。近年、セル成型育苗への移行が進んでいる。
ポット育苗	育苗用土を種々の大きさのポットに詰めて育苗する。単独と連結したポットがあり、材質は紙、ポリエチレン、硬質プラスチックなどいろいろある。培地は市販品が増えている。	ポットの大きさが種々あるのでいろいろな作物に適用できる。連結したペーパーポットは、育苗場所をとらず、苗を抜かずにそのまま定植できる簡便さにより、葉菜類の主要な育苗方法になっている。	育苗が長期にわたるセルリー、パセリ、低温期のハクサイ、キャベツなどは、生育に応じて鉢づらしができる単独のポットを利用するのがよい。
セル成型育苗	根鉢が一定の形になるように作られたセルトレイで育苗する方法である。培地は、ピートモス、バーミキュライトなどを主材料に構成され、市販品が多い。	施設に費用はかかるが、小面積で大量の苗を効率よく育苗できる。機械定植との連動性にも優れている。培地が乾きやすいので、こまめなかん水管理が必要になる。	葉菜類ではいずれの品目でも育苗可能で、とくにレタス、ハクサイ、キャベツ類、チンゲンサイなどに適用性が高い。育苗完了後の苗の老化が進みやすいので、適期定植を心がける。

注：新野菜つくりの実際(葉菜)(川城英夫編 2001年)³⁾を一部改変

ル成型育苗より乾燥しにくいので、かん水管理が容易である。このような特性から、ソイルブロック育苗は有機栽培に好適な育苗方法といえる。

ポット育苗では、ポリポットによる育苗が、ハクサイやキャベツなどの低温期に大苗が必要な場合に能力を発揮する。有機栽培では、初期生育確保のため大苗が必要になるので、作物の種類、栽培時期に応じた適切な大きさのポットを選定する。

(2) 健苗育成の留意点

慣行栽培と同様に、病害虫の被害がなく、徒長していない健康な苗を育成する。そのために、一般の留意点のほかに、有機栽培では特に以下の点に留意する。

①育苗施設の整備

苗床はパイプハウスなど、加温・保温、雨よけなど育苗に適する環境の施設・装備を準備する。害虫の外からの進入を防ぐため、施設の周囲に防虫ネットを常備する。ハウス育苗では、室内が多湿・高温になりやすいので、天窓・側窓を効果の高い状態に設置するとともに、状況に応じて換気扇も装備する。地床育苗以外の育苗は、セルトレイやポットなどを直接地面に置くと、土壌からの病害感染の危険が大きくなるので、作業性やかん水時の水の跳ね上がりも考慮し、70～80cm以上の高設ベンチの設置が望ましい。

②種子選定の留意点

品種選択の項で述べたように、病害の第1次感染源となる病害汚染種子を使用しないように注意する。自家採種種子をはじめ品質管理が不十分な種子は種子伝染性病害の危険性があるので、これら種子の利用は慎重に行いたい。例えば、葉菜類ではキャベツの黒腐病、べと病などは汚染種子から発病し、特に集約的なセル成型育苗などでは頭上かん水で広範囲に第二次伝染していく事例が認められている。したがって、現状では品質管理が確実に行われている市販の種子を利用するのが安全性が高い。

③床土の準備

近年、育苗用培土が市販されるようになりその

種類も多いが、養分として化学肥料が使用されているものが多く、有機栽培で使用できるものは極めて少ない。したがって、一般には農家が自分で作らざるを得ない場合が多い。

床土の作り方は、育苗用培土が発売されていない時と同様に、畑の下層土や水田土壌を母体とし、有機物として稲わらやもみがらなどと、養分や発酵促進剤として米ぬかや油かす、鶏糞などを混和堆積して、十分に発酵・熟成させて作成する。培土の病害虫防除対策として、できるだけ使用前に蒸気消毒などを実施したい。最近では蒸気消毒用の小型のボイラーも発売されているので、有機栽培の必須機材として揃えておきたい。

セル成型育苗用の培土も一般には市販されていないので、当面は自家製造をすることになる。培土の製造の一例を示すと、用土として畑土などの土壌とピートモス、バーミキュライト、パーライトを用い、養分としてはチッソ分として鶏糞のほか、リンサン、カリとして溶成燐肥、硫酸加里を必要に応じて添加する。混合割合は土壌を40%、残りをピートモス・バーミキュライト・パーライトを3:2:1の割合で混合して作成する。鶏糞は作成した用土10当たり5～6gを添加し、混合する。使用する土壌は育苗用培土と同様に蒸気消毒による土壌消毒を行う。

床土に用いる資材は、母体となる土壌も含め、有機JASの基準に適合するものを使用する。

④セル成型育苗における留意点

セル成型育苗用の用土は透水性がよく過湿になりやすいが、反面乾燥しやすいので、1日の灌水回数が多くなる。セルトレイ1枚当たり1回に250～300ml程度の水量を、1日当たり晴天日は2～3回、曇天日は1～2回、雨天日は0～1回を目安に、培地の乾燥状態を判断して灌水する。規模が大きい場合には自動灌水装置を使用することにより、効率的に均一な灌水が可能であり、斉一な育苗ができる。小規模な場合は手灌水で行うが、灌水むらになりやすいので注意する。

育苗日数は作物の種類、栽培時期、セルの大きさにより異なるが、育苗日数が長引くと根鉢が急速に形成されて老化苗になりやすいので、苗を引

き抜いても根鉢が崩れなくなる時点を目安に適期に定植する。有機栽培では慣行栽培の場合より一回り大きいセルトレイを使う方がよい。



写真Ⅱ-1 セル成型育苗の定植適期苗の大きさと根鉢の様子(レタス、夏秋どり栽培)

注:新野菜づくりの実際(葉菜)(川城英夫編 2002年)⁴⁾から引用。

2) 初期生育の確保

(1) 大苗育苗

慣行栽培では、低温期には苗利用の作物については、従来から大苗を育成し初期生育の促進を

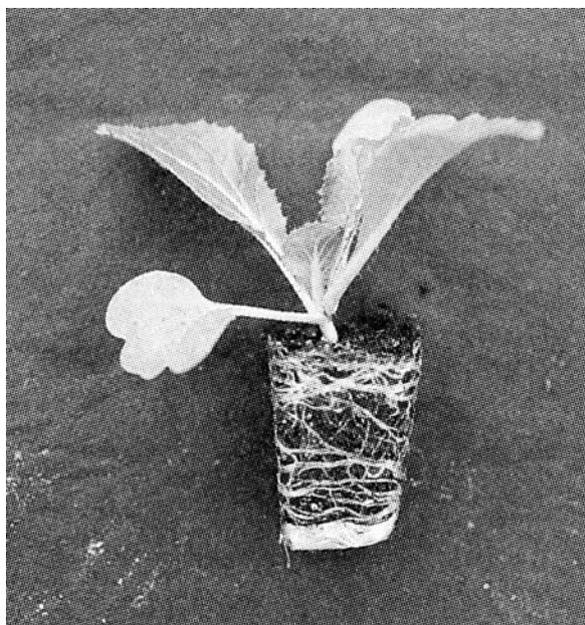
図ってきた。有機栽培でも同様に大苗に育苗し、定植後の生育促進を図る方がよい。

大苗を用いることによる効果は、低温期の栽培で大きいのが、有機栽培の場合には他の栽培時期でも慣行栽培の場合よりやや大苗の方が定植後の生育が安定する(写真Ⅱ-2)。

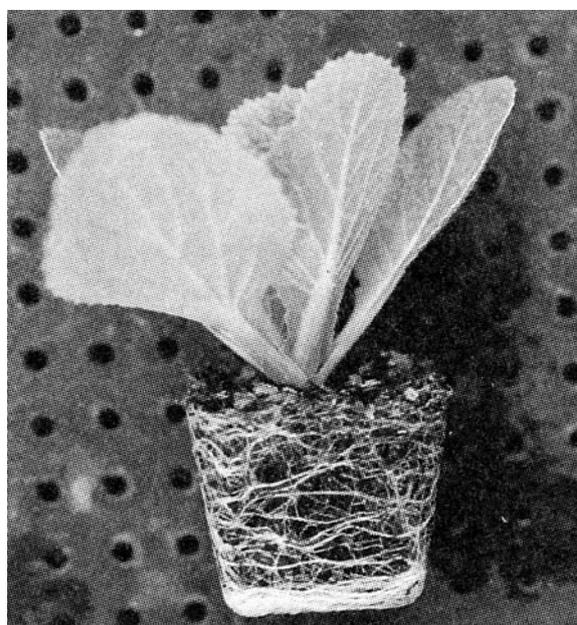
しかし、大苗にすると老化苗になり易いので、目標とする苗の大きさが得られる規格のセルトレイやポットを選択し、適期に定植するように留意する。また、床土の量が多く必要になり、育苗期間も長くなるので、それに応じた準備や適切な管理を心がける必要がある。

(2) 生育初期の管理

播種あるいは定植に当たっては、できるだけ土壌水分が適湿の時にやり、状況により灌水を行って、発芽、活着を促進させる。また、低温期には、状況に応じてポリマルチ、トンネル被覆、不織布等によるべたがけを行って保温管理を徹底し、生育を促すことが必要である。



適温期育苗の標準苗



低温期育苗の大苗 不時抽台の危険な時期には大苗で植える

(目的とする苗の大きさによりセルトレイの規格(大きさ)を変える。)

写真Ⅱ-2 セル成型育苗の定植適期苗の大きさ(ハクサイ)

資料:新野菜づくりの実際(葉菜)(川城英夫編 2002年)⁵⁾から引用。

低温期の施肥としては、鶏糞が有機質肥料の中では比較的速効的な効果が期待できるので、適宜使用する。鶏糞は、品質が確かな発酵鶏糞を使用するが、地温上昇によりアンモニアガスが発生し障害が出ることもある。特に、ハウスやトンネル栽培で、発生したガスが滞留する環境では根に障害を与える危険性があるので、施用量や施用時期、施用方法に留意する。また、ホウレンソウやシュンギクなどの小物野菜で、鶏糞の臭気が収穫後まで残るという事例が指摘されているので、あらかじめ同量程度の畑土と混和して臭気を揮散させてから使用するなどの注意を払う。なお、鶏糞の過度な使用は、石灰分の蓄積でアブラナ科等の作物にほう素やマンガン欠乏が出ることもあるので注意が必要である。

引用文献

- 1) 日本有機農業研究会 「有機農業における有機種苗の生産・流通・利用に関する調査報告」 2009年、2
- 2) 白川 隆 野菜の種子伝染性病害のIPM(農林水産省 革新的農業技術習得研修委託事業 高度先進技術研修IPM技術習得研修テキスト)、2007年、16
- 3) 塚田 元尚 「葉菜類の育苗方法」(川城英夫 『新野菜づくりの実際(葉菜)』(社)農山漁村文化協会、2002年、294
- 4) 塚田 元尚 同上、297
- 5) 小沢 智美 同上、103

Ⅲ. 土づくりと施肥管理対策

1. 基本的な考え方

有機農業は地力に依存した生産方式であり、地力(地力は作物の生産に関与する土壌の能力のことで、化学的要因、物理的要因、生物的要因が挙げられている。)の高まりがないと安定した生産が困難である。しかし、土壌養分が多くなり過ぎても作物が軟弱に育ち、病害虫に罹りやすくなり、品質が低下する。また、有機農業の重要な役割である環境負荷低減に反すること、例えば地下水汚染や温室効果ガス増大なども起こりうる。さらに、有機農業では土壌養分のアンバランスも起こりやすいので、これに対処するため、土壌診断が重要である。

一方、圃場に直接播種して栽培する野菜での発芽率向上や病害の発生抑制のためには土壌の排水性、保水性改善など物理性改良が重要である。

このような観点から土づくりを行っていく必要があるが、その場合の基本的な留意点としては以下のような点が挙げられる。

1) 地力の向上とその適正管理

有機農業を開始したり規模拡大をする場合、多くの有機栽培農家は慣行栽培をしてきた農地を借地するか、長年耕作放棄されていた農地を借地することも多い。

こうした圃場は一般に地力が低いことが多く、2007年に(財)日本土壌協会で行った有機栽培農家に対するアンケート調査の結果でも、野菜類の有機栽培を開始後に収量、品質が安定するまでに要した年数は、短い野菜で「2～3年」、長いものでは「4～5年」を要するとの回答が最も多かった。経営安定のためには短期間で生産の安定が図れるように土づくりをしていく必要がある。

(1) 堆肥等の適正施用

土壌肥沃度向上(主として土壌の保肥力、腐植

含量、全窒素含量の向上)のための方法として、堆肥や有機質肥料の投入がとっさり早い、短期間で生産の安定を図っていくようにしていくためには、その投入量や窒素成分を考慮して堆肥等の施用を行うことが必要である。

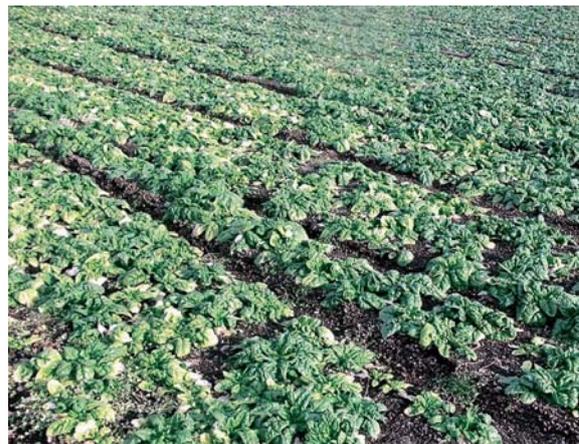
また、堆肥の品質、特に腐熟度にも留意する必要がある。未熟な堆肥であると生育阻害を起したり、病害虫の発生を促すこととなる。

一方、長年有機栽培を行ってきている圃場では、これまでの堆肥等有機物施用の蓄積で過剰に栄養化している事例もみられる。

有機栽培農家を対象としたアンケート調査でも、野菜類の土壌施肥管理の課題として、「有機物連用により肥沃度が高まってきており、堆肥、有機質肥料の施用量の判断が難しい」が最も多かった。

こうした有機栽培農家の調査結果からも、肥沃になり過ぎて葉菜類の硝酸態窒素が高まったり、病害虫に罹りやすくなったという指摘があった。

こうした圃場では、堆肥や有機質肥料の施用量を減らしたり、肥料成分の低い堆肥を用いる必要がある。



写真Ⅲ-1 地力が低く外葉が黄色になっている有機栽培ホウレンソウ

(2) 作物特性を考慮した土壌肥沃度の水準

作物によって、土壌肥沃度が高くないと良品が生産できないものと、土壌肥沃度が低くても良品

が生産できるものがある。

土壌肥沃度が低いと品質の良いものが生産できない作物として葉菜類があるが、中でもホウレンソウ、ハクサイ、キャベツなどは、土壌肥沃度が低いと良品が生産できない(写真Ⅲ-1)。一方、ジャガイモ、サツマイモなどは土壌肥沃度が低くても良品が生産できる。

このように、圃場の土壌肥沃度の状況によって作付体系を考慮することも必要である。

2) 土壌養分バランスの適正管理

有機栽培農家のアンケート調査結果によると、野菜類の土壌管理についての課題として2番目に多かったのが「塩基バランスが崩れるなど養分の過不足が生じてきており改善する必要がある。」であった。

これらの有機栽培農家の圃場を調査してみると、長年有機栽培を行ってきた圃場であった。こうした圃場の土壌分析を行ってところ、リン酸含量がかなり高かったり、pH が高くなっていて微量元素が不可給態化して生理障害が発生していた。特に、この圃場では、鶏糞堆肥を長年連用してきたためリン酸含量等が過剰になり、土壌養分バランスが崩れていた。

一方、慣行栽培圃場で有機栽培を開始した圃場では、圃場の特性が分からず、ホウレンソウがほとんど生育しなかった例もある。この圃場の土壌分析結果をみると pH がかなり低く、ホウレンソウの生育に適していないことが分かった。

有機栽培農家のアンケート調査結果からみると、有機栽培農家で土壌診断をしていないところも多いが、作物の生育状況をみながら土壌診断をしていく必要がある。その結果から堆肥など施用するものの種類や資材を見直していくことが大切である。

3) 土壌の物理性の改善と排水対策

慣行栽培圃場で新たに有機栽培を開始したり、慣行栽培農家の圃場を借用して有機栽培面積の拡大を図る場合もしばしばあるが、一般に慣行栽培圃場では大型農業機械による圃場土壌の圧密

化が進んでおり、また、堆肥を投入量がごく少ない例が多くみられる。このため、土壌の物理性が余り良くなかったり、耕盤ができていたりして、透排水性が悪い圃場も多い。

ある有機栽培農家では、新たに借用した圃場に播種したニンジンが大雨のあと枯れてしまった例がある。この圃場の土壌の物理性を調査すると、作土の比較的浅いところに耕盤ができており、排水不良のため枯れたことが分かった。この圃場では堆肥等の有機質資材を投入したあと、プラソイラーで深耕を行い耕盤を崩すことで生育条件の改善ができた。

畑の土壌特性が不明なところは、土壌分析のみでなく、圃場の掘削調査により土壌の物理性も確かめておく必要がある。

また、コマツナ、ホウレンソウなどは、通常圃場に直接播種をして栽培するが、土壌の保水性が高くないと発芽不良が生じ、収量に影響する。こうした圃場では堆肥等の有機質資材を投入し土壌の物理性を改良して保水性を高めていく必要がある。

一方、最近のように異常気象で大雨があったり、長雨が続きたりした場合には、野菜類の根ぐされ被害などのほか、病害虫の多発による被害も多くなってきている。葉菜類の軟腐病、腐敗病、すそ枯れ病などは排水不良の圃場で多発する。そこで、明渠排水、暗渠排水を行うとともに、サブソイラー、プラソイラーなどで耕盤破壊や深耕をしていくことが必要である。

2. 土づくり対策

有機栽培では、作物の生育を支える土壌肥沃度の向上と良好な生育環境を支える土壌の物理性や生物性の向上、いわゆる「土づくり」が最も重要視される。土づくりによって作物が健全に生育すると、有機栽培でしばしば問題視される病害虫や雑草が発生しにくい環境ができてきたり、これらからの被圧が相対的に軽微になる生態的な環境ができてくるからである。

しかしながら、有機栽培を新規に始める場合、



写真Ⅲ-2 結球しなかったハクサイ(左)とキャベツ(右)

あるいは有機栽培への転換初期においては、土づくりに代表される圃場の栽培環境自体が整わない上に、地域の営農条件に適合した形での栽培管理技術の習得・経験が不十分なために、先進的な有機栽培農家の技術をむやみに導入しようとしても失敗することが多い。そこで、以下では、実際の有機栽培農家の失敗例などを踏まえて、留意しておくべき技術内容を示した。

1) 早期の地力向上

(1) 堆肥施用による地力向上と作物生育

有機栽培農家で地力の低い耕作放棄地を借地し生産が上がりなかった例は多い。

栃木県の有機栽培農家A氏は、耕作放棄地を借用して5年間に牛糞堆肥を2t/10a 施用するとともに、地力増進作物としてヘアリーバッチを鋤込んだ。作付けたハクサイ、キャベツ、チンゲンサイのうち、チンゲンサイはある程度売れるものが生産できたが、ハクサイ、キャベツは一部結球したのみで多



写真Ⅲ-3 多くの野菜が安定して生産できる近接圃場(黒ボク土)

くは結球しなかった(写真Ⅲ-2)。

一方、A氏の近接圃場(30m 程離れた圃場)は同様に借地圃場であるが、6年前から牛糞堆肥を当初3t/10a、その後2~3t/10a を毎年施用してきたため、地力が高まり品質の良いいろいろな野菜が収穫できている(写真Ⅲ-3)。

有機栽培農家A氏の生育の劣る圃場と、近接した堆肥を十分施用し品質の良いいろいろな野菜

表Ⅲ-1 生育の劣る圃場と良い圃場の土壌の化学分析結果

	仮比重	pH	CEC me	燐酸吸収係数	腐植 %	全窒素 %	硝酸態窒素 mg	アンモニア態窒素 mg
生育の劣る圃場	0.76	6.4	30.4	1823	7.1	0.35	0.58	0.45
(参考)生育の良い圃場	0.81	6.5	39.4	1798	8.6	0.45	4.85	0.79
	有効態リン酸 mg	加里 mg	苦土 mg	石灰 mg	石灰飽和度 %	塩基飽和度 %		
生育の劣る圃場	8.7	39.3	28.5	274.6	32.2	39.6		
(参考)生育の良い圃場	25.5	154.2	62.6	538.0	48.7	64.9		
県土壌診断基準(葉菜)	20~60	—	—	—	—	60~70		

表Ⅲ－２ 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
①堆肥 1 年施用	年間 2t/10a	ジャガイモ、ブロッコリー	ブロッコリーの生育は劣る。
②堆肥 3 年連用	3 年で 12t/10a(1年目 4t、2年目 6t、3年目 2t)	キャベツ、ニンジン等	3 年堆肥を連用し、今年キャベツが比較的良好品が収穫できた。

注：1. 土壌は灰色低地土（財）日本土壌協会調査

2. 施用した食品リサイクル堆肥の成分(現物)：窒素 3.9%、リン酸 1.4%、加里 1.9%

が収穫できている生育の良い圃場の土壌を分析して比較してみた。野菜類の生育の劣る圃場は、腐植含量、全窒素含量とともに、リン酸含量や塩基類の含量が低い。

また、県の土壌診断基準と比較して、品質の良いいろいろな野菜が収穫できている圃場では、有効態リン酸や塩基飽和度は上回っているが、生育の劣る圃場は、いずれの項目も低い数値となっていた(表Ⅲ－1)。このように、土壌肥沃度の低いことがハクサイ等の結球しない要因である。

耕作放棄地等土壌肥沃度の低い圃場を借地した場合に、堆肥をどの程度、何年連用すれば農作物が安定的に生産できるかが問題となる。これには利用する堆肥の種類や成分も影響する。

前述の有機栽培農家A氏の圃場(黒ボク土)の場合には、食品リサイクル堆肥 M(乾物全窒素含量 1.8%)を4年で約 12t/10a 施用した結果、葉菜類が安定的に生産できるようになった。

〈灰色低地土での堆肥施用による地力向上の例〉

埼玉県の有機栽培農家B氏は、耕作放棄地(水田地帯に広く分布する灰色低地土)を借地し規模拡大を図っている。土が固く、土壌肥沃度が低いので、食品残渣、剪定枝などを主な材料とした食品リサイクル堆肥を2t/10a 施用したが、ブロッコリーは生育不良であった(表Ⅲ－2、写真Ⅲ－4)。

しかし、ほぼ隣接する土壌肥沃度の低い耕作放棄地を借地し、食品リサイクル堆肥を3年で12t/10a 施用した圃場は良品のキャベツが収穫できた(表Ⅲ－2、写真Ⅲ－5)。

安定的にキャベツが栽培できた堆肥連用3年圃



写真Ⅲ－4 堆肥 1 年施用圃場(ブロッコリー)



写真Ⅲ－5 堆肥 3 年連用圃場(キャベツ)

場と堆肥施用 1 年圃場の土壌分析を行い比較したところ、施用した食品リサイクル堆肥の現物窒素含量が 3.9%と高いこともあり、腐植含量や全窒素含量は3年で3倍近くに高まってきていた。これがキャベツのように土壌が肥沃でないと作りにくい野菜でも良品が生産できた要因である(表Ⅲ－3)。

表Ⅲ－3 堆肥施用年数の異なる圃場の土壌分析結果

	土壌の種類	仮比重	pH	CEC meq	磷酸吸収係数	腐植%	全窒素%
堆肥施用3年	灰色低地土	0.83	6.1	26.4	1,185	4.5	0.29
堆肥施用1年	灰色低地土	1.04	6.2	17.3	811	1.6	0.11
	有効態リン酸 mg	交換性加里 mg	交換性苦土 mg	交換性石灰 mg	石灰飽和度%	塩基飽和度%	
堆肥施用3年	41.4	103.1	32.2	321.9	43.5	57.9	
堆肥施用1年	13.0	11.1	42.6	260.2	53.6	67.1	
県土壌診断基準	10～75	—	—	—	46～86	63～110	

資料：(財)日本土壌協会

(2) 窒素分の多い堆肥で早期安定生産

土壌が肥沃でないと生産が安定しないキャベツを用い、窒素成分含量が相違する堆肥を用いて収量の変化をみた。圃場はこれまで殆んど堆肥を施用してこなかった栃木県の褐色低地土の有機栽培農家圃場で、窒素成分の異なる堆肥を用い10a 当たり 4t を連用してキャベツの収量を比較した。用いた堆肥は3種類で、乾物窒素全量で最も

高いものが牛糞堆肥Oの 4.4%、低いもので食品リサイクル堆肥Mの 1.8%である(表Ⅲ－4)。

4年間の堆肥連用を通じ生育の最も良かったのは、窒素成分の最も高い牛糞堆肥Oである。また、全窒素成分で 2.3%の牛糞堆肥Kで、3年目で化成肥料の1割減収程度になった。最も窒素成分の低い食品リサイクル堆肥Mは、4年目で化成肥料の1割減収程度になった(表Ⅲ－5)。

表Ⅲ－4 施用堆肥の成分含量

	C/N 比	pH	EC	全窒素量	全磷酸量	加里全量	石灰全量	苦土全量
食品堆肥 M	20.8	9.3	3.6	1.8	1.4	3.0	3.3	1.0
牛糞堆肥 O	9.9	7.9	3.6	4.4	1.7	2.5	3.6	1.4
牛糞堆肥 K	15.8	9.6	7.0	2.3	2.6	4.7	6.2	1.7

注：pH、EC を除き乾物当たり%。資料：(財)日本土壌協会

表Ⅲ－5 窒素成分の異なる堆肥連用年数とキャベツの収量

	1個体平均調整重(kg)				指 数			
	1年	2年	3年	4年	1年	2年	3年	4年
食品堆肥 M4t/10a	0.9	0.9	1.1	1.5	42	46	58	92
牛糞堆肥 O4t/10a	1.8	1.2	2.6	1.7	90	61	137	90
牛糞堆肥 K4t/10a	1.2	1.5	1.7	1.6	59	76	89	94
化成肥料(窒素 20 kg)	2.0	1.9	1.9	100	100	100	100	100

注：1個体平均調整重は平均的キャベツ 5 個体の平均。資料：(財)日本土壌協会

表Ⅲ－6 食品リサイクル堆肥 M の施用量の相違による無機態窒素等の発現

	腐植含量(%)	全窒素(%)	硝酸態窒素mg	アンモニア態窒素mg	有効態リン酸mg	交換性加里mg	交換性苦土mg
食品堆肥 M5t 区	6.24	0.30	0.74	1.25	3.74	109.44	46.81
食品堆肥 M10t 区	7.34	0.35	0.85	1.72	4.58	229.8	62.68
堆肥無施用区	6.21	0.31	0.75	1.36	3.86	67.04	39.83

資料: (財) 日本土壌協会

このように、野菜類の収量を早期に安定させるためには、できるだけ窒素成分の高い堆肥を用いるとよい。

(3) 堆肥施用上の留意点

① C/N 比の高い堆肥の大量施用は控える

栃木県の有機栽培農家 A 氏が借地した耕作放棄地(黒ボク土で極めて地力が低い)で、食品リサイクル堆肥 M(完熟堆肥でコマツナ発芽率 100%)を8月に 10a 当たり5t と 10a 当たり 10t を施用し、約 1 カ月間ポリマルチで太陽熱雑草防除を行った後に、コマツナ、ホウレンソウ、カラシナ、ルッコラ、水菜を播種し生育状況をみた。全体に生育が悪く、コマツナ等は5t/10a(写真Ⅲ－6右畝)よりも10t/10a(写真Ⅲ－6左畝)の方の生育が悪かった。



写真Ⅲ－6 食品リサイクル堆肥 M10t 区(左畝)と 5t 区(右畝)

この食品リサイクル堆肥 M は C/N 比が 20 と高く、夏に堆肥を施用した後、約 1 カ月間ポリマルチし

ても、無機態窒素の発現は堆肥無施用区とほぼ同等で、窒素飢餓状態にあったことが土壌分析の結果明らかになった(表Ⅲ－6)。したがって、C/N 比の高い堆肥を多量施用しても、葉菜類の生育は良くならない。また、リン酸含量が極めて少なく、これも生育の阻害要因になっている。リン酸吸収係数が 1,800 程度と高い黒ボク土壌のため、リン酸が吸着され有効態リン酸含量はすぐには高まらない。

同時に、地力の低い状態で数種類の野菜の生育状況をみたところ、全体として生育不良であったが、水菜、ルッコラは比較的地力が低くても生育状態が良く、ホウレンソウはほとんど生育しなかった。

②速効性ぼかし肥料の組み合わせ施用

野菜類の早期生産安定を図るため、肥効が早期に発現するぼかし肥料と堆肥の組み合わせを検討してみた。食品リサイクル堆肥にぼかし肥料を加え、未耕作地を耕起してコマツナの収量調査を行った。C/N 比のやや高い食品リサイクル堆肥 S (C/N 24.7、全窒素含量 1.87%(乾物)) 2t/10a に油粕、魚粉、米糠を主原料としたぼかし肥料 A (全窒素含量 1.5%) 1/10a を加えた処理区は、耕作初年目から化成肥料区とほぼ同等の生育を示した。食品リサイクル堆肥 S 2t/10a に窒素成分の少ない米糠を主原料としたぼかし肥料 B (全窒素含量 0.9%) 1t/10a を加え施用した区は、特に地温の低い春作のコマツナの生育はかなり劣ったが、秋作は化成肥料区と同等の生育であった(表Ⅲ－7)。

地力の低い農地で耕作初年目から化成肥料並

表Ⅲ-7 食品堆肥 S とぼかし肥料を組み合わせ施用した場合のコマツナの収量

	1年目(1個体平均重量)				2年目(1個体平均重量)			
	春作	比率%	秋作	比率%	春作	比率%	秋作	比率%
化成肥料区	367.7	100	71.0	100	347.6	100	83.8	100
ぼかしA1t+堆肥2t区	364.2	99	70.1	99	364.2	105	70.1	84
ぼかしB1t+堆肥2t区	92.7	25	70.5	99	92.7	27	70.5	84

注：1. 1個体平均重量は平均的個体5個体の平均重量(g)

2. (財)日本土壌協会と三功(株)等との共同試験



写真Ⅲ-7 左から化成肥料区、ぼかし肥料+堆肥2t区、無処理区(2年目の2作目)のコマツナの生育

みの生育を得るには、特に地温の低い作型では堆肥とより窒素成分の高いぼかし肥料を組み合わせた施用が有効である。

2) 土壌の物理性の改良

土壌の腐植層(概ね作土)が厚い圃場では、野菜類の生育が良い。また、ダイコン等の根菜類は20cm以上の作土が必要で、葉菜類の中でもホウレンソウのように深根性のものは作土層が深いと生育が良い。

また、保水性、透水性の良い圃場は播種をして育てる野菜類の生育の揃いが良い。特に、慣行栽培を行っていた圃場を使って有機栽培を行う場合には、有機物を余り入れずに大型農業機械で作業を行っていて耕盤が形成され排水不良となっていることが多いので注意を要する。

(1) 堆肥施用による土壌物理性の改良

有機栽培農家が借地をして有機栽培を行う場合、一般に土壌の物理性に問題のある場合が多い。このため、堆肥等の有機物資材を投入して土

壌の物理性の改良を行う必要がある。

土壌の物理性は土壌の種類によって異なり、黒ボク土は比較的膨軟であるが、低地に多く分布する灰色低地土や褐色低地土は一般に土が硬い。

多くの有機栽培農家の堆肥施用年数の相違による土壌の物理性の変化を調査してきた結果で見ると、一般に堆肥等有機物の施用によって、土壌の硬度や仮比重(単位容積当たりの固相重量で、土の膨軟性を表す一つの指標)は低下している例が多い。特に、灰色低地土や褐色低地土のような硬い土壌で改良効果が高い。

① 3年程度の堆肥投入で土壌硬度は低下

埼玉県の有機栽培農家 B 氏は、地力の低い耕作放棄地を借地し、食品リサイクル堆肥(現物;窒素 3.9%、リン酸 1.4%、加里 1.9%)を3年間で12t/10a(1年目4t、2年目6t、3年目2t)施用した結果、前述したように良品のキャベツが収穫できた。

土壌は灰色低地土でかなり硬い土壌であるが、土壌硬度は改善してきている(写真Ⅲ-8、9)。



写真Ⅲ-8 堆肥1年施用の土壌
(土の色が灰色である)



写真Ⅲ-9 堆肥3年連用の土壌
(土の色が黒ずんできている)

表Ⅲ-8 堆肥施用年数の異なる露地野菜圃場の土壌硬度(山中式硬度計)

	堆肥1年施用	堆肥3年連用
深さ5cm	20mm	14mm
10	22	15
15	22	16
20	21	18
25	23	19
30	24	20

資料:(財)日本土壌協会

「堆肥1年施用圃場」は食品リサイクル堆肥を年間2t/10a 施用したが、かなり硬く、深さ5cmのところで硬度が20と作物の根が張るには困難な硬度となっていた(表Ⅲ-8)。作付したブロッコリーの生育が劣ったのは、こうした土壌物理性の悪さが影響している。

②堆肥大量施用も1年では土壌膨軟化不十分

栃木県の褐色低地土で、堆肥施用が少なかったC農家圃場で、堆肥施用による土壌硬度の変化を調査した。堆肥はC/N比、全炭素含量の異なる3種類の堆肥(4t/10a 施用)と化成肥料を用いた。これらを4年間全面全層に鋤込んだ処理区と、単年度で食品リサイクル堆肥Mを10t/10a 全面全層に施用した処理区を設定し、土壌硬度を比較した。

堆肥を4年連用した区画は化成肥料区に比べ、

土壌硬度が低下していた。全般的に堆肥のC/N比よりも全炭素含量(腐植含量)の多い堆肥区の土壌硬度の低下が大きい傾向がみられた。また、単年度に食品リサイクル堆肥Mを10t/10a 施用した区は、同じ食品リサイクル堆肥Mを4年間4t/10a ずつ連用した区ほど土壌硬度の改善効果はなかった(表Ⅲ-9)。したがって、経済性や環境負荷への影響を考慮すると、一度に大量の堆肥を投入することは避けた方がよい。

③堆肥の3年連用で土壌孔隙率や保水性は改善

埼玉県の有機栽培農家B氏の前述の堆肥施用年数の異なる有機圃場(灰色低地土)で、土壌の孔隙率や保水性を調査した。食品リサイクル堆肥を3年で12t/10a(1年目4t、2年目6t、3年目2t)施用した「堆肥3年連用圃場」と年間2t/10aを施用した「堆肥施用1年圃場」の固相率を調査したところ、堆肥連用区ほど固相率は低下し、孔隙率(液相率と気相率の合計値)が増加していた(表Ⅲ-10)。

また、土壌の保水性を示す易効性有効水分率についても「堆肥1年施用圃場」と比較して「堆肥連用3年圃場」が高くなっており、保水性を増している。保水性の改善は播種をして栽培する野菜の発芽の斉一性を高めるためにも重要である。

このように、灰色低地土では3年で12t/10aの堆肥でも土壌の孔隙率や保水性が増してくる。

表Ⅲ－9 C/N比、炭素含量の異なる堆肥連用による深さ別土壌硬度の変化

堆肥の種類	堆肥等 連用年数	土壌硬度(山中式硬度計)(mm)					
		表面からの土壌の深さ					
		5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm
食品堆肥 M 4t/10a 区	4年連続	5	4	12	18	16	15
牛糞堆肥 O 4t/10a 区	〃	2	5	4	8	16	20
牛糞堆肥 K 4t/10a 区	〃	2	5	6	10	13	13
食品堆肥 M 10t/10a 区	単年度	2	8	7	15	15	12
化成肥料区(対照区)	4年連続	4	7	7	16	21	16

注：堆肥のC/N比(全炭素%)は 食品リサイクル堆肥 M 20.8(37.0%)、牛糞堆肥 K 15.8(36.0%)、牛糞堆肥 O 9.9(43.3%)。資料：(財)日本土壌協会

表Ⅲ－10 堆肥施用年数の異なる圃場での
固相率、易有効水分率等

	三相分布			易有効 水分 (%)	仮比重
	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)		
堆肥3年 連用	38.5	39.1	22.4	7.1	0.83
堆肥1年 施用	54.3	36.8	8.9	2.6	1.04

資料：(財)日本土壌協会

(2) 深耕と耕盤の破壊

土壌表層の腐植層(概ね作土)が深ければ根圏が広がり作物の生育が良くなる。しかし、大型農業機械の利用圃場では圧密層(耕盤)が形成され、水はけが悪く根張りも悪くなって生育障害が発生する例がしばしばみられるので、注意する必要がある。

作土層の拡大、耕盤の破壊を行う場合に問題となることとして、以下のようなことが挙げられる。

①深耕によって過剰養分が薄まり、根圏は拡大するが、養分が薄まり過ぎて作物の生育が悪くなる場合がある。このようなことがないようにするためには、深耕ロータリーなどで深耕する際に、急激に深耕するのではなく堆肥を従来より多め

に施用しつつ徐々に深めて深耕するようにする。

②深耕・耕盤の破壊を行うには、プラウ耕、深耕ロータリー、トレンチャー、サブソイラー、プラソイラーなどを使う。この場合、作業効率、土壌養分の変化などを考慮して作業をする必要がある。作業効率が良く、透水性改善などの効果があることから比較的多く用いられている作業機としてはサブソイラーとプラソイラーがある(写真Ⅲ－10)。

〈土壌物理性に起因する野菜の生育不良の例〉

長年有機栽培をしている S 氏が、新たに圃場を借りた畑半分のエンジンが発芽後間もなく溶けてなくなった。降雨が続いた後に発芽障害が発生したとのことであった。

その要因を調査した結果、正常な圃場については深さ 30 cm 以下でも土が軟らかかったが、発芽障害が起きた圃場は深さ 20 cm 程度のところに耕盤が形成されていた。これは、浅いところに耕盤が形成されたことにより湿害を受けていたことによるもので、農地の所有者が農業用重機械により耕作していたことが要因と考えられた。対策として、プラソイラーにより深耕と耕盤の破壊を行い、改善された(図Ⅲ－1)。



プラソイラー

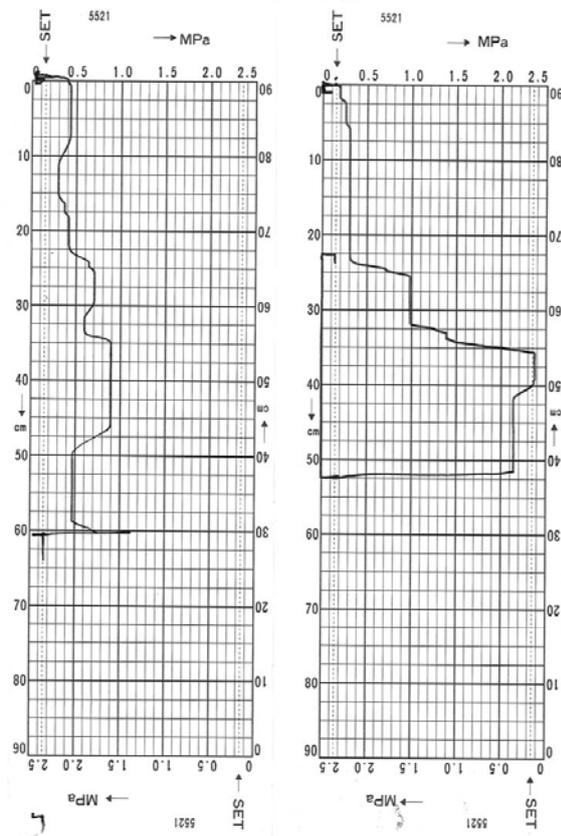
(土破碎と荒起しを同時にできる、
下層土の一部が表層に上がる)



サブソイラー

(作土層下の耕盤を破碎するための
作業機、下層土が表層に上がらない)

写真Ⅲ－10 プラソイラーとサブソイラー



Ⅲ－1 正常な圃場(左)と発芽障害が起きた圃場のチャート(右)

資料;(財)日本土壌協会

(3) 明渠・暗渠による排水性改善

近年は豪雨になることが多く、有機栽培農家でも傾斜畑の農作物が土砂に埋もれるなどの被害が発生している。堆肥の施用やサブソイラー等による透水性改善は長雨などでは効果があるが、豪雨の

際には対応できない。

このためには、暗渠排水、補助暗渠排水、明渠排水等を行う必要がある。この中で、個人で行いやすいのはもみ殻等による補助暗渠排水と明渠である。明渠の工法としては額縁型に明渠を掘り(約30 cm)、圃場内に小排水溝を掘り額縁明渠に連結させ圃場外に排水させる方法がある。

3) 土壌微生物性の改善

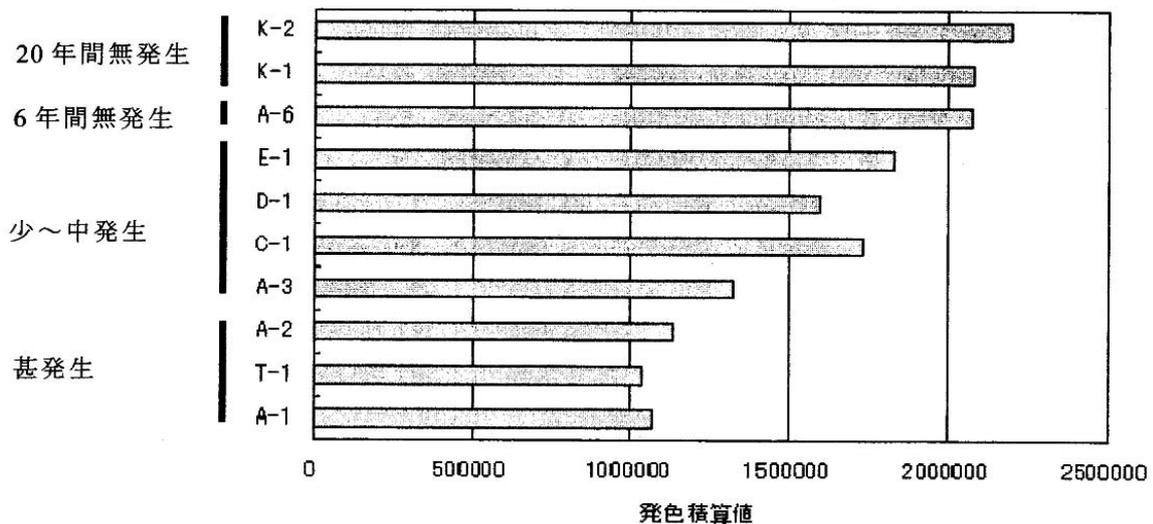
土壌中の微生物相が豊かであることは、土壌病原菌の増殖を抑制し、被害を軽減することができる。土壌微生物の多様性には、微生物が生息するのに良い環境であることが必要で、土壌の物理性、化学性が良いことの一つの目安になる。

また、微生物多様性指数^{注)}の高い土壌では土壌病害の被害が出にくいことがこれまでの研究で分かっており、微生物多様性指数(発色積算値)がなくなるという(図Ⅲ－2)。

また、土壌微生物の多様性は一般に土壌消毒剤や除草剤を利用する慣行栽培で低く、有機栽培

注：微生物多様性、活性のオムニログPMシステムでの測定

95種類の炭素源を含むウェルと炭素源を含まないウェル内で25℃、48時間内に起こる発色反応の立ち上がりの速さ、反応速度、発色総量を積算することで、土壌や堆肥等の微生物の多様性や活性の程度を評価する手法である。ここでは便宜上発色積算値を微生物多様性指数と表現している。現在、オムニログPMシステムでの測定については、専門の分析機関が依頼を受けて分析を行っている。



図Ⅲ-2 トマト青枯病の発病程度と微生物多様性指数

資料：(独)中央農業研究センター(横山)

表Ⅲ-11 有機栽培圃場と慣行栽培圃場の微生物多様性指数

	微生物多様性指数	土壌の種類	堆肥施用量等	野菜の生育等
露地野菜有機 10 年圃場	900,009	黒ボク土	年間 2t/10a 土壌は膨軟	多くの野菜が安定して作れる
露地野菜有機 20 年圃場	874,013	〃	年間 2t/10a 土壌は膨軟	多くの野菜が安定して作れる
隣接の慣行栽培圃場	495,963	〃	堆肥施用せず 土固く耕盤あり	野菜の収量、品質は劣る

注：微生物多様性は(独)中央農業研究センターのオムニログ PM システムで測定

圃場で高い傾向があるとされている。

(1) 有機栽培圃場と慣行栽培圃場の微生物多様性・活性の相違

千葉県有機栽培農家 D 氏の適切な土壌管理がなされている有機栽培圃場と、地続きで隣接する慣行栽培圃場と間で微生物多様性の比較を行った。その結果、微生物の多様性や活性を示す指数は有機栽培圃場で高く、慣行栽培圃場で低かった(表Ⅲ-11)。

(2) 土壌微生物性の改善

堆肥等有機物施用による土壌微生物性の変化

を把握するため、これまで耕作されてこなかった三重県津市の未耕作地を用い、堆肥の施用量を変えてコマツナを年2作栽培し試験を行った(表Ⅲ-12)。用いた有機物は、三重県内の堆肥センターの堆肥や自家製ぼかし肥料を用いた。

利用した堆肥等の種類と成分は以下の通りである。

- 食品リサイクル堆肥(C/N 比 24.7、全窒素 1.87%(乾物))
- 牛糞堆肥(C/N 比 31.0、全窒素 0.81%(乾物))
- ぼかし肥料 A(窒素現物 1.5%)
- ぼかし肥料 B(窒素現物 0.9%)

表Ⅲ－12 播種時期の各試験区別土壤微生物多様性指数（ぼかし区を除いて2連の試験区平均）

試験区	平成 21 年		平成 22 年	
	第 1 回播種時 (平成 21. 4)	第 2 回播種時 (平成 21. 9)	第 1 回播種時 (平成 22. 4)	第 2 回播種時 (平成 22. 9)
対照区(未耕作地)	501, 991	579, 928	952, 519	612, 492
食品堆肥 2t区	624, 120	735, 830	815, 940	856, 989
食品堆肥 5t区	661, 281	634, 133	845, 946	950, 373
食品堆肥 10t区	546, 959	1, 057, 746	743, 974	1, 325, 611
牛糞堆肥 2t区	572, 627	823, 461	926, 490	(1, 433, 633)
化成肥料区	243, 163	288, 656	234, 630	417, 308
ぼかしA1t+堆肥 2t	1, 178, 330	1, 391, 933	1, 417, 089	1, 395, 131
ぼかしB1t+堆肥 2t	683, 559	989, 066	1, 091, 507	1, 191, 475

注：1. 牛糞堆肥2t区の平成22年第2回播種時は2連の試験区のデータ格差大きかった。

2. (財)日本土壌協会と三功(株)等との共同試験

①堆肥の連用で土壤の微生物多様性が向上

未耕作地(対照区)と比較して、堆肥連用区は1年目より2年目の微生物多様性が高い。

また、地温の高い秋作で微生物多様性は高くなる傾向がみられ、また、堆肥施用量の多い区の微生物多様性が高い。

②ぼかし肥料施用で当初から土壤の微生物多様性は高まる

ぼかし肥料区ではコマツナの作付1作目より微生物多様性が高まり、堆肥区とは異なり春作、秋作間の差が小さい。化成肥料区は未耕作地(対照区)と比較しても微生物多様性は低い。

4) 緑肥等作物の利用

(1) 緑肥等作物の利用目的と該当作物

緑肥等作物は、①土壤物理性の改善、②土壤化学性の改善、③土壤生物性の改善、④雑草抑制効果、⑤景観美化等の効果があり、目的に応じて利用されている(表Ⅲ－13)。

有機栽培農家は土づくりの面では、①土壤物理性の改善、②土壤化学性の改善、③土壤生物性改善の目的で緑肥等作物を輪作体系の中に取り入れて利している。

表Ⅲ－13 緑肥作物、クリーニングクロップの効果と主な該当作物

効果	内容	該当作物
①物理性の改善	通気性、透水性等	ソルゴー、青刈トウモロコシ、ギニアグラス等
②化学性の改善	土壤の肥沃化	クロタラリア、レンゲ、クローバ類、ヘアリーベッチ、セスバニア等
	クリーニングクロップ	ソルゴー、青刈トウモロコシ、ギニアグラス等
③生物性改善	ネコブセンチュウ	クロタラリア、ギニアグラス、エンバク、マリーゴールド等
	ネグサレセンチュウ	マリーゴールド、クロタラリア、ギニアグラス等
④雑草抑制	雑草抑制、敷料	ヘアリーベッチ、マルチムギ等
⑤景観美化等	景観、表土保全	レンゲ、クリムソクローバ、シロカラシ、マリーゴールド等

(2) 土壌肥沃度向上等の目的での緑肥作物の利用

最近、野菜作で肥沃度の向上効果や雑草抑制効果の高いヘアリーベッチを導入する有機栽培農家が増えている。ヘアリーベッチは土壌肥沃度の向上に加え、リビングマルチとして雑草の発生を抑制する。

〈ヘアリーベッチ作付・鋤込みによる収量向上の例〉

栃木県の有機栽培農家 A 氏が、有機栽培圃場でヘアリーベッチ作付け区と作付しない区を設けてカボチャを栽培した。平成 22 年 6 月(前年 9 月播種)にヘアリーベッチを一部鋤込み、それ以外はリビングマルチとしてカボチャを定植した。7 月にヘアリーベッチは枯れてマルチ状態になり、10 月上～中旬にカボチャの収穫を行った。

カボチャが少肥作物であることから、ヘアリーベッチ区はカボチャの生育が旺盛で、対照区に比べて葉が大きく、全体に濃緑色であった。ヘアリーベッチ区の収量は作付けしなかった区の約 2 倍と多かった(写真Ⅲ-11)。

収穫後の跡地土壌の分析結果では、ヘアリーベッチを作付けしない区と比較してヘアリーベッチ区の腐植含量が増加するとともに、硝酸態窒素含量も高かった。また、土壌の緻密度を示す仮比重(容積比重)も軽くなり膨軟になってきているとともに、深さ別の土壌硬度の調査結果でも土壌硬度は低下していた(表Ⅲ-14)。

以上の結果から、化学性、物理性が改善され、



写真Ⅲ-11 ヘアリーベッチ区(右側)と対照区(左側)(ヘアリーベッチ区(右)の生育が旺盛である。)

ヘアリーベッチ区のカボチャの収量が増加したとみられる。

3. 有機栽培における施肥管理法

有機栽培は地力に依存した生産方式であることから、施肥管理においては、土壌有機物から発現してくる無機態窒素のコントロールが難しい。このため、長く有機栽培を行っている圃場では、腐植含量や全窒素含量が高まり、窒素の効きすぎにより軟弱に生育したり、葉菜類では葉の硝酸態窒素濃度が高まってきている例も見受けられる。

また、鶏糞等同一の有機資材を長年施用している圃場では土壌養分のバランスが崩れているところも見受けられる。したがって、有機栽培においても、土壌診断に基づく施肥管理を行っていくことが重要である。

表Ⅲ-14 ヘアリーベッチ区と対照区の跡地土壌の分析結果

	仮比重	腐植含量 %	全窒素 %	硝酸態窒素 mg	アンモニア態窒素 mg
ヘアリーベッチ区	0.73	9.2	0.47	6.52	1.27
対 照 区	0.78	8.7	0.47	4.50	1.38

資料：(財)日本土壌協会

1) 施肥設計に当たって考慮すべき事項

有機農業において施肥設計をする場合に特に考慮すべきこととして、作物の養分吸収特性などとともに、①土壌の肥沃度によって地力窒素(地温が上昇し土壌有機物の分解が進んで発現してくる無機態窒素)の発現量が異なるので、地力窒素の発現を考慮して施肥設計を行うこと、②有機質資材の種類によって肥効発現の速度や肥効率が異なるので、これを考慮して施肥設計を行うことである。

また、作物の作型別等の施肥量の目安については多くの都道府県で施肥標準を策定し公表しているのをそれを参考にするとよい。

(1) 地力窒素の発現と施肥管理

土壌有機物は地温が上昇すると分解が進み、無機態窒素の発現(地力窒素)が多くなる。

したがって、春作、秋冬作によって土壌中からの無機態窒素の発現が異なり、秋冬作のように地温の低い時期については野菜の生育が悪いというのが一般的である。

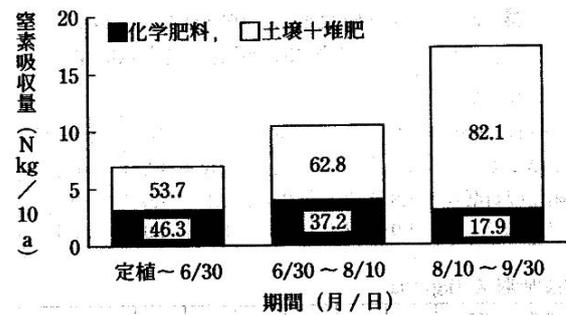
大分県農業技術センターのピーマンでの調査結果では、生育初期には窒素吸収量に占める肥料由来の窒素比率が大きいですが、生育中期～後期には土壌や堆肥由来の窒素の占める比率が大きくなり、全期間では施肥窒素が30%で、土壌や堆肥由来の窒素が70%を占めていた(図Ⅲ-3)。このデータからも高温期である8月～9月には土壌や堆肥由来の窒素の占める比率が大きくなるのが分かる。

地力窒素は15℃以上で発現しはじめ、20～25℃で最も多く発現してくるとされている。

①腐植が多い肥沃土壌では施肥量を減らす

地力窒素の発現に大きく関係してくるのは、土壌中の有機物含量(腐植含量)である。堆肥等有機物を連用すると地力窒素の発現が大きくなるので、その施肥量を減らす必要がある。

また、地力窒素の発現は土壌有機物含量との関係が大きいので、土壌診断で時には作物の生育の旺盛な圃場と適正な圃場等の腐植含量等の



図Ⅲ-3 肥料、土壌由来の窒素の吸収量と吸収比率(ピーマン)

注：図中の数字は期間ごとの各窒素給源の比率(%)

資料：大分県農業技術センター

地力関係の項目を分析し、生育の適正な圃場の腐植含量等の地力水準になるように、堆肥等の有機物の施用量を調整する必要がある。

作物生育が旺盛過ぎる場合には、葉内の硝酸含量が高く病虫害発生の誘因にもなるので、堆肥の施用量を控えたり、肥料成分の低い堆肥を用いるようにする必要がある。

②低温期には速効性有機肥料を利用する

一般に葉菜類の生育に適した土壌中無機態窒素の適正レベルは10 mg～20 mg/100gである。堆肥は窒素が発現してくるのに時間がかかり、また、地温により窒素の発現が左右されるので、無機態窒素の適正レベルを維持していくために、比較的速効性の油粕等の有機資材やぼかし肥料と併用するのがよい。

地温の低い時期は極力速効性の有機質肥料を用いるようにして、後作に残効窒素が残らないようにする配慮が必要である。

長年、ハウスでのレタスの有機栽培を行い、圃場の肥沃度が高まってきている農家の例では、地温の上がる春から夏にかけて収穫する作型では無施肥で栽培し、秋冬作のみ施肥をしている。また、堆肥も肥沃度の高まってきているハウスでは窒素成分が少ないものとし、施用量も控えている。

(2) 有機物の種類による窒素の肥効と
施肥管理

有機質肥料は化学肥料と比べ一般に肥効の発現が遅い。その肥効は特に窒素の発現において資材間で異なるので注意を要する。一般に C/N 比の高いものは分解が遅い。そこで、有機質肥料の窒素肥効の特性を把握した上で施肥をしていく必要がある。

①有機質肥料の窒素発現は遅く地温で左右される

作物の生育に最も影響する窒素については、有機質肥料においても化学肥料と比較して無機化率が低く、低温下では特に低い(表Ⅲ-15)。

例えば、菜種油粕の窒素成分で 100 mgを土に施用した場合、10℃の場合には施用後8週間で無

機化率(施用窒素に対するアンモニア態窒素+硝酸態窒素の発現量の比率)が 46.0%であったのに対し、25℃では 57.1%となっている。

②堆肥の肥効は窒素成分や C/N 比で変わる

最も作物の収量・品質に影響を与える窒素については、堆肥の種類や成分によってかなり異なる。特に、副資材としてオガクズ、モミガラ等炭素を多く含むものは分解が緩やかで窒素の肥効が少ないのに対し、家畜糞単独で堆肥化するものは肥効が大きい傾向がある。

堆肥の成分表示の中で C/N 比の大きい堆肥は、窒素の肥効率が低く、C/N 比 20 以上のものはほとんど窒素の肥効は期待しにくい。

ここで肥効率とは、堆肥の肥効を化学肥料の肥効に対する割合で表した値をいう。例えば、化学

表Ⅲ-15 無機化率及び硝化率に及ぼす温度の影響

(米沢) (単位：%)

温度	施用量 (mg)	期間 (週)	菜種油かす		魚かす		尿素		硫安	
			無機化率	硝化率	無機化率	硝化率	無機化率	硝化率	無機化率	硝化率
10℃	20	1	34.9	5.8	20.9	14.4	84.9	9.0	91.6	6.3
		2	42.1	16.9	41.8	15.3	97.8	18.0	95.1	15.4
		4	42.3	27.7	37.7	30.9	98.1	45.8	96.5	27.5
		8	44.5	28.3	40.5	33.9	93.8	47.9	92.1	31.6
	100	1	25.7	—	24.3	—	49.3	—	95.9	—
		2	36.3	—	36.1	—	61.2	2.0	98.1	1.5
		4	37.1	—	41.0	2.2	66.3	5.3	97.2	2.1
		8	46.0	—	42.1	34.0	89.0	25.4	98.1	6.2
25℃	20	1	49.5	16.2	36.1	17.5	84.0	15.8	86.0	10.7
		2	53.3	47.8	48.1	63.2	89.4	49.0	88.2	48.8
		4	55.6	73.9	49.7	92.4	91.5	54.8	88.4	55.9
		8	50.4	100	57.9	100	89.3	100	89.0	100
	100	1	42.6	—	38.3	2.1	65.9	3.5	97.3	0.9
		2	44.8	2.2	52.1	25.1	79.4	27.6	97.4	7.6
		4	47.5	22.7	51.5	44.5	91.8	45.5	92.8	13.7
		8	57.1	51.8	50.9	67.4	92.5	49.7	92.3	15.5

注：pH：6.0，水分：50%/MWHC，施用量は乾土100g当たりのN

無機化率は施用Nに対する無機化N(NH₄-N+NO₃-N)の割合(%)，硝化率は無機化Nに対する硝酸化N(NO₃-N)の割合(%)

資料：農業技術体系土壌肥料編(トマト)(農文教)

肥料で窒素 10 kg/10a を施用した場合と同等の収量を得るために堆肥の窒素成分として 20 kg/10a を施用する必要があるならば、その堆肥の窒素肥効率は 50% (10 kg/20 kg × 100%) になる。

特に鶏糞堆肥については乾燥鶏糞、発酵鶏糞等発酵条件によって窒素含量に大きなバラツキがあり、窒素肥効率は全窒素含有率の大きなものほど高い傾向がある。

〈鶏糞堆肥の場合の窒素肥効率の例〉

有機栽培においては、鶏糞を用いる事例が多いが、利用する鶏糞の窒素成分を把握して施用する必要がある。一般に鶏糞堆肥(採卵鶏・副資材なし)は、乾物当たり窒素含量が高いほど、施用後4週間の窒素無機化率が高くなるという関係がみられる(図Ⅲ-4、5)。

岐阜県農業技術研究所の報告によると、畑・水田の両条件下で 30℃で4週間培養の窒素無機化率と乾物当たり窒素含量との間に高い相関が認められている。

窒素含量が明らかな鶏糞堆肥を用いて作付け

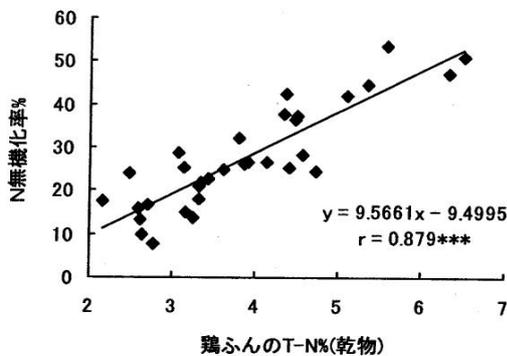
を行う場合、この関係を利用して表Ⅲ-16から1カ月間の肥効が推定できる。窒素含量の高い鶏糞堆肥ほど肥効は速効的であり、窒素無機化率が高くなるといえる。また、1カ月以降の肥効はさほど多くなく、鶏糞堆肥乾物1tにつき窒素無機化量は3kg程度なので、必要があれば追肥する程度である。

③堆肥の窒素肥効率は堆肥中の窒素含量が目安

地域によって出回っている堆肥の種類、土壌条件等が異なるので、県によっては肥効率を提示しているところがある。

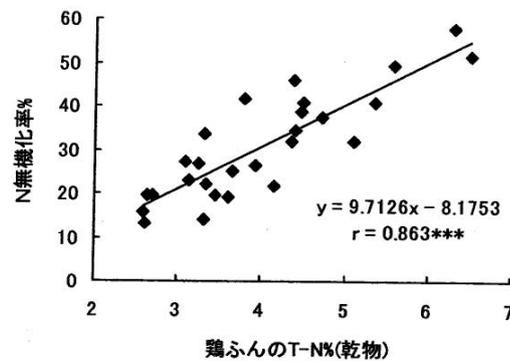
堆肥の肥効は、窒素の場合には堆肥の種類よりも窒素含有率に左右されることに留意する必要がある。リン酸、加里の肥効率は堆肥の種類による差は少なく、リン酸で 80%、加里で 90%と高い。

千葉県では堆肥の肥効率の目安を表Ⅲ-17表のように提示しており、このような事例を参考に施肥設計を行う。



図Ⅲ-4 畑条件・30℃・4集培養における窒素無機化率(当初の無機態含む)と窒素含量の関係

資料:岐阜県農業技術研究所



図Ⅲ-5 水田条件・30℃・4集培養における窒素無機化率(当初の無機態含む)と窒素含量の関係

資料:岐阜県農業技術研究所

表Ⅲ-16 鶏糞堆肥の窒素含有量(乾物)と窒素無機化率(施用後4週間の関係)

窒素含量 (%)	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
窒素無機化率 (%)	11	16	21	26	31	36	40	45	50	55
窒素無機化量(kg/乾物 t)	2	4	6	9	12	16	20	25	30	36

資料:岐阜県農業技術研究所

表Ⅲ－18 千葉県における家畜ふん堆肥の肥効率の目安

	堆肥の全窒素含量 (乾物当たり)	窒素	リン酸	加里
牛糞堆肥と豚ふん堆肥	2%未満	10	80	90
	2～4%	30	80	90
	4%以上	60	80	90
鶏糞堆肥	2%未満	10	80	90
	2～4%	50	80	90
	4%以上	60	80	90

資料：千葉県「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」から抜粋

④有機物の C/N 比が高いと窒素飢餓を起こす

有機物の C/N 比(全炭素と全窒素の比率で炭素率ともいう。)は有機物の分解特性を示すものである。各種有機物の土壌中の分解は C/N 比によって異なる(表Ⅲ－18)。

施用される有機物の C/N 比が高いと(20 以上)、分解の際に土壌中の無機態窒素が微生物に利用され、作物は窒素飢餓となる。また、C/N 比が低いと(10 以下)、無機態窒素が有機物から速やかに放出されて作物に供給される。

有機物を施用するとき、土壌改良効果を期待して C/N 比の高い資材を用いることがある。そうした場合は、大豆かすなど C/N 比の低い有機質資材を合わせ用いることによって窒素飢餓を避けることができる。

⑤有機物は連用すると肥効率が高まる

堆肥等有機物は連用すると土壌中の窒素の発現量が多くなっていく(表Ⅲ－19)。牛糞堆肥のように C/N 比が低く、窒素発現の少ないものでも、施用初年目では約 13.2%の窒素発現であるが、10 年

連用で牛糞堆肥の全窒素量の 48.7%が無機態窒素となって発現する。

茨城県農試で水田において調査した牛糞堆肥(窒素(現物)1%)の窒素肥効率は施用初年目が 14%であったが、6 年目以降の牛糞堆肥の肥効率 30%であった。

茨城県の水稲特別栽培産地では、この肥効率を基にして施肥設計を行っている。

(3) リン酸肥料の利用効率と施肥管理

リン酸は作物の生育には窒素に次いで大きな影響を与える。

リン酸を施肥した場合、リン酸は土壌中のアルミニウム、鉄等と結合して根から吸収されにくい形態になる。このため、リン酸の施肥効率が窒素、加里と比較してかなり低い。また、リン酸は表Ⅲ－20 にみられるように、地温によって養分吸収がかなり左右され、窒素、加里と比較して低温ではさらに吸収されにくい。したがって、温度の低い地域や温度の低い時期の作型ではリン酸を多めに施用する例が多い。

また、リン酸要求性の高い野菜に対する反応は、野菜の種類によってかなり異なる(表Ⅲ－21)。リン酸の施用効果の高い野菜としてはタマネギなどがあり、低い野菜としてはダイコンなどがある。

(4) 有機質肥料と土壌微生物多様性

有機農業は生態系とも調和した形で進めていくもので、土壌についても生物の多様性が保たれ、一定の病原微生物が繁殖しないようなバランスを保っていくことが重要である。土壌微生物の多様性と土壌病害との関係については、前述したように土壌微生物多様性の高い土壌では土壌病害が発生しにくい。有機質肥料は肥料効果とともに、土壌微生物の多様性を高める作用性が期待される。

表Ⅲ-18 各種有機物の C/N 比から見た分解特性と施用効果資料 (三重県農業研究所)

大分類	初年目の分解の特徴	有機物の例	C/N比 (炭素率)	施用効果
窒素放出群	炭素, 窒素とも速やかに分解する(年 60~80%)	余剰汚泥 鶏糞 大豆かす 野菜残さ クローバなど	10 前後	施用年における窒素放出大きく、有機質肥料的に考えて良い。施用絶対量が少ないこと、残存率が少ないことから、累積効果、有機物集積効果は小さい。
	炭素, 窒素とも中程度の速度で分解する(年 40~60%程度)	牛糞豚ふん など	10~20	施用年においてかなりの窒素放出があり、施用量によっては肥料の代替とすることもできる。かなりの量の炭素、窒素が土壌中に残存するので、連用すると土壌有機物の富化や窒素放出の増加が起こる。
	炭素, 窒素ともゆっくり分解する(年 20~40%)	通常の堆肥 (中~完熟)	10~20	施用年においてある程度の窒素放出があるが、施用量を減らす程ではない。大部分の炭素、窒素が土壌中に残るので、連用により土壌の有機物含量が高まり、数年後から地力的窒素供給が認められる。
	炭素, 窒素とも非常にゆっくり分解する(年 0~20%)	分解の遅い堆肥類(バーク堆肥など)	20~30	肥効は少ないが、炭素、窒素のほとんどが土壌中に残るので、土壌中の有機物を増加させる効果は大きい。地力窒素放出が認められるには長期間を要する。
窒素取込群	炭素の分解は速やか(年 60~80%)、窒素は取り込みが起こる	稲わら 麦わらトウモロコシ茎など	50~120	施用年における窒素の取り込みが大きい、C/N比や分解率が早いもので1年以内、遅い場合には3年目に窒素の放出が始まり、その後堆肥と同様の窒素放出を示すようになる。連用した場合、C/N比の高いものは窒素放出までに時間がかかる。施用量に比べた炭素の集積は少なく、窒素の集積が多い。
	炭素の分解が中程度かゆっくり(年 20~60%)で、窒素は出入りがない、あるいは取り込みが起こる	未熟堆肥 水稻根製紙かすなど	20~140	施用直後は土壌、作物への影響が明らかでないものが多いが、連用でわら類、堆肥類に近くなる。土壌への炭素、窒素の集積は中程度。
	炭素の分解が非常に遅く(年 0~20%)、窒素は取り込みが起こる	おがくずなど	200 以上	炭素の分解は早くないが、C/N比が高いため、窒素の取り込みが大きい。炭素の集積は初めの数年特に大きい。

表Ⅲ-19 有機物を連用した場合の有機物窒素無機化率 (三重県農業研究所、一部改変)

種類/年数	1	2	3	5	7	10	15	20	30	50	70
発酵牛糞	13.2	20.2	25.7	34.2	40.7	48.7	59.4	67.7	79.6	91.9	96.8
乾燥牛糞	32.8	47.8	57.6	68.8	74.5	79.2	83.9	87.3	92.0	96.8	98.7
バーク堆肥	13.2	15.6	18.4	24.5	30.8	39.5	51.9	61.8	75.9	90.4	96.2
おがくず堆肥	17.4	28.1	35.8	45.8	52.3	59.3	67.9	74.5	83.9	93.6	97.5
発酵製紙粕	33.1	29.0	27.4	29.0	33.4	41.0	52.9	62.6	76.4	90.6	96.3
稲わら粉末	-2.4	21.3	37.1	54.8	63.7	70.7	77.4	82.1	88.7	95.5	98.2
籾殻	18.9	20.5	22.6	28.0	33.8	42.1	53.9	63.4	76.9	90.8	96.3
小麦わら	-115	-74.1	-45.3	-11.5	6.6	22.7	39.7	52.2	69.9	88.0	95.2
おがくず	-88.4	-137	-162	-174	-164	-137	-90.2	-51.3	4.5	62.0	84.9

表Ⅲ－20 地温の変化の トマトの養分吸収に及ぼす影響 (杉山)

地 温	硫酸態窒素	リン酸	カ リ	水
10℃	26.3mg	2.7mg	42.9mg	2110
15	62.0	9.9	79.2	364
20	86.9	22.1	112.6	512

資料:農業技術体系(トマト)、農文教

表Ⅲ－21 リン酸の施用効果の高い野菜と低い野菜

区 分	主な野菜類
リン酸施用効果の高い野菜	タマネギ、キュウリ、レタス、インゲン豆、サラダ菜、ホウレンソウ等
リン酸施用効果の低い野菜	コマツナ、サントウサイ、サトイモ、サツマイモ、ダイコン、スイカ、タイサイ等

表Ⅲ－22 有機質肥料の種類による微生物多様性

使用資材名	特 徴 (N-P-K)	微生物多様性指数
市販 JAS 有機ぼかし肥料 A	動物性主体 (5-4-2)	2, 364, 603
市販 JAS 有機ぼかし肥料 B	動物性主体+植物性 (6.3-4.4-2.6)	1, 772, 479
自家製ぼかし肥料 A	原料:油粕、魚粉、米糠、骨粉等(1.5-1.48-0.66)	1, 386, 348
自家製ぼかし肥料 B	原料:米糠等 (0.9-2.54-0.77)	397, 778
食品堆肥	原料:かんな屑、食品残渣 (1.87-0.64-0.58)	275, 062
化成肥料	(8-8-8)	196, 762
コントロール(赤玉土小粒)	無処理(赤玉土小粒+水)	144, 882

注: 1. 資材の乾燥度合等によって測定値が異なってくるので、赤玉土(小粒)200gに供試資材 20g を加え、それに水 50cc を加えて攪拌し、室温で 2 週間放置したあと測定。(財)日本土壌協会調査)

2. (独)中央農研(横山)が開発したアムニログ PM システムにより測定。

(財)日本土壌協会では各種の有機質肥料について微生物多様性を測定した結果、有機物肥料間で微生物多様性指数に大きな差があることが認められている。

①有機質肥料間で微生物多様性が異なる

有機質肥料は化成肥料よりも微生物多様性指数が高いが、有機質肥料の中でも原料が多様なもの、動物性の原料が多いもので微生物多様性が高い傾向がある(表Ⅲ－22)。

表Ⅲ－23 有機質肥料を土壌施用した場合の微生物多様性の変化

試験区	平成 21 年		平成 22 年	
	第 1 回播種時 (H21. 4)	第 2 回播種時 (H21. 9)	第 1 回播種時 (H22. 4)	第 2 回播種時 (H22. 9)
ぼかしA1t+食品堆肥 S2t区	1, 178, 330	1, 391, 933	1, 417, 089	1, 395, 131
ぼかしB1t+食品堆肥 S2t区	683, 559	989, 066	1, 091, 507	1, 191, 475
食品堆肥 S2t区	624, 120	735, 830	815, 940	856, 989
化成肥料区(8-8-8)	243, 163	288, 656	234, 630	417, 308
対照区(無処理区)	501, 991	579, 928	952, 519	612, 492

注：各試験区の作土の生土をサンプリングして、生土により(独)中央農研(横山)が開発した
アムニログ PM システムにより測定。

表Ⅲ－24 有機栽培のハウレンソウ圃場の土壌分析結果

	仮比重	pH	CEC	磷酸吸収 係数	有効態 リン酸	加里
A 氏露地野菜	1.12	7.3	29.9	963	309.1	35.1
県診断基準(葉菜)	—	6.0~6.5	—	—	20~60	70~85
	苦土	石灰	銅	亜鉛	マンガン	ホウ素
A 氏露地野菜	91.4	579.4	0.19	24.27	9.81	2.78
県診断基準(葉菜)	80~100	380~440	—	—	—	—

資料：(財)日本土壌協会

②微生物多様性の低い有機質資材も連用で 高まる

土壌微生物多様性は有機質肥料の種類のみでなく、土壌物理性、化学性の影響を受けるので、微生物の棲息に適した環境づくりを行うことが重要である。

微生物多様性の異なる上表Ⅲ－22 の資材を未耕作地の土壌に施用し、実際にコマツナを栽培し微生物多様性の変化を調査した。

微生物多様性指数の高い自家製ぼかし A は施用開始時期から高く、資材の微生物多様性を反映した結果になっている。しかし、当初、微生物多様性が低かった資材も連用すると土壌の微生物多様性は高くなる(表Ⅲ－23)。

2) 土壌分析による土壌養分バランスの診断

長年有機栽培を実施している圃場では、土壌

診断をすると pH が高くなり過ぎたり、リン酸が過剰になっている等土壌養分のバランスが崩れているケースがみられる。また、慣行栽培圃場では pH が低いところも多く、土壌特性が分からないまま借地をして作物がほとんど育たず失敗した例もある。こうした生育異常のみられる圃場は土壌診断を行う必要がある。

(1) 土壌養分バランスが崩れていることによる生育障害例

有機栽培を長年実施している複数のハウレンソウで、葉に黄色斑の発生が見られた(写真Ⅲ－12)。この要因を調査するため、障害が発生している圃場と正常な生育を示している圃場の土壌分析を行った。表Ⅲ－24 はハウレンソウの葉に黄色斑の発生がみられる圃場の土壌分析結果である。



写真Ⅲ-12 黄色の斑の発生したホウレンソウの葉

土壌分析の結果では、pH が高く、有効態リン酸が過剰であった。

高 pH 化した土壌では Fe、Mn、B が不溶化し、その吸収抑制を起こしやすい。特に、ホウレンソウの葉色異常に、黄色または褐色の斑入り葉や濃淡まだらな葉が認められた。これは易還元性マンガンが 30ppm 以下の圃場において顕著に発生する。発生圃場の易還元性マンガンは 30ppm 以下であった。一方、リン酸が過剰になるとマンガンは不可給態化し吸収されにくくなる。

有機栽培ホウレンソウの葉の黄斑の発生は、pH が高くなるとともにリン酸が過剰となったことからマンガンが不可給態化し、マンガン欠乏を起こしたものであった。

これは、鶏糞堆肥の長期連用が要因と考えられ、対策としては pH を下げるの必要があり、カルシウムの多い鶏糞堆肥や乾燥鶏糞を他の資材に切り替えて施用することと、マンガン資材を施用することが必要である。現在、産地では鶏糞堆肥以外の堆肥施用に切り替えている。

同一の有機質資材を長年連用しているとバランスが崩れやすいので、土壌診断しバランスをチェックする必要がある。

(2) 土壌診断の方法

①土壌診断で土の健康状態をチェック

土壌診断の種類としては化学性診断、物理性診断、微生物性診断がある。

いずれも、作物の健全な生育を確保するために必要な診断であるが、現在、養分バランスの崩れなど問題を抱えている圃場が多いこと等から、化学性診断が最も重視されている。化学性診断については各地に土壌分析を行う機関が多くなってきていることや、簡易な土壌診断法も普及してきており、診断が行いやすい状況になってきている。しかし、物理性診断や微生物性診断については実施できる機関が少なく、また、労力がかかるため、これらが作物の生育の阻害要因となっていることが疑われる場合以外は、あまり実施されていない。

化学性診断の項目としては陽イオン交換容量(CEC)、リン酸吸収係数、腐植含量ように土壌の性質を調べるものと、pH、リン酸、カリウム、マグネシウム、カルシウムのように養分のバランスや蓄積状況を調べるものがある。陽イオン交換容量(CEC)は保肥力、リン酸吸収係数はリン酸の効き易さを表わし、肥料の施用量などを加減する場合の目安になる。

②腐植含有量等地利関係項目も分析

土壌分析を行うべき項目は、定期的な診断の場合に関しては、一般的な6項目(pH、EC、有効態リン酸、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウム)でよいといえる。

しかし、借地や長期間土壌診断していない圃場では、土壌の特性を把握するために、陽イオン交換容量(CEC)、リン酸吸収係数、腐植含量、全窒素などを分析することが望ましい。

特に、有機栽培は地力に依存した生産を行っており、安定した生産が行われている圃場と生育の劣る圃場の時には陽イオン交換容量(CEC)、腐植含量、全窒素などを分析して、安定した生産が得られている圃場の地力の状況を把握することも重要である。

ハウス等で軟弱野菜を年間複数回作付けするような場合には、無機態窒素が高まりやすいので、その残存量によって施肥量を減ずる必要がある。こうした場合、アンモニア態窒素、硝酸態窒素やEC(電気伝導度)を分析するとよい。

土壌分析については、最近では個人で診断でき

表Ⅲ-25 JA分析機関での土壌の分析結果の診断例（十勝農協連）

分析項目	前回分析値 分析No.	本年分析値	単位	養分状態					基準値
				非常低	低	適正	高	非常高	
一般項目		6.4					★		5.5~6.0
	pH (H ₂ O)							★	10~30
	有効態りん酸		60.4	mg/100g					15~30
	交換性加里		57.0	mg/100g				★	25~45
	交換性苦土		61.2	mg/100g				★	390~586
	交換性石灰		271.6	mg/100g	★				2以上
	苦土・加里比		2.5	当量比			★		6以下
	石灰・苦土比		3.2	当量比			★		40~60
	石灰飽和度		27.8	%	★				60~80
	塩基飽和度		40.0	%	★				
微量要素	銅		ppm						0.5~8
	亜鉛		ppm						2~40
	マンガン		ppm						50~500
	ほう素		ppm						0.5~1

る小型で安価な簡易分析キットも普及してきており、分析機関に出さずに自ら分析することも可能である。また、pHや硝酸態窒素など簡単な試験紙で診断することもでき、携帯型の土壌分析器や硝酸イオンの測定器も販売されており、これらは、短時間で分析することができ、迅速に結果が分かるのが特徴である。

③土壌分析結果は各県土壌診断基準を目安に診断する

通常、土壌診断は分析結果を各県で制定している土壌診断基準に照らし、適正範囲にあるかどうかによって診断している。

pH、リン酸、カリウム、マグネシウム、カルシウムについては、作物が健全に生育する上での適正な範囲（土壌診断基準）がある。これらは、作物や土壌の種類によってやや異なっている。診断結果の事例として表Ⅲ-25を例示した。

3) 土壌診断結果に基づく改善対策

土壌診断の結果、土壌診断基準の適正範囲から外れている場合は改善対策を行う。その方法と

しては、①過剰となっている養分についてそれを多く含む有機資材を見直したり、施肥量を減らす（少なければ施肥量を増加）。②クリーニングクロップを栽培する。③かなり過剰であれば深耕するなどにより濃度を薄める、などが挙げられる。

この中で容易に行えるのは過剰養分を多く含む資材を見直したり、施肥量を減らすか無施用とすることである。

いずれの方法を行うかについては、養分の過不足の程度に応じ、最適な改善対策を選択して実施していく必要がある。特に、この中でクリーニングクロップは除塩効果とともに、土壌物理性改良効果があるため、有機農業でも利用されるが、その効果と留意点を紹介する。

①クリーニングクロップで EC、硝酸態窒素を低下させる

クリーニングクロップであるソルゴー等の栽培により、土壌の EC(電気伝導度)や硝酸態窒素はかなり低下し、カリウムも低下する。EC 低下のためにソルゴーを栽培した表Ⅲ-26の例では、約3カ月後には、約半分に低下している。

表Ⅲ-26 ソルゴー栽培後の土壌のECの変化

	作付前	38日後	65日後	96日後
対照区	1.18	0.91	0.90	1.03
ソルゴー区	1.18	0.81	0.51	0.58

資料:宮城県園芸試験場

②クリーニングクロープでのリン酸除去は小さい

各種のクリーニングクロープを作付して大幅に低

下するのは、硝酸態窒素(▲83%)とEC(▲66%)である。次いで加里(▲約40%)が低下する。石灰、苦土はあまり減少しないし、特に、リン酸はあまり余り吸収されずほとんど低下しない(表Ⅲ-27、28)。

クリーニングクロープの種類別の硝酸態窒素等の除去の効果ではソルゴーが高い。

表Ⅲ-27 クリーニングクロープの収量と養分吸収量

	乾物重(kg)	養分吸収量(kg/10a)				
		窒素	リン酸	加里	石灰	苦土
ソルゴー	946	26.0	7.0	49.0	6.0	5.0
トウモロコシ	573	17.0	5.0	41.0	4.0	3.0
スーダングラス	1,409	38.0	7.0	69.0	10.0	9.0

資料:宮城県園芸試験場(一部改訂)

4月28日播種、6月21日収穫(栽培期間56日)

表Ⅲ-28 ハウス土壌の作付前と作付後のEC、硝酸態窒素、塩基類の比較

	EC		硝酸態窒素		加里		石灰		苦土	
	作付前	収穫後	作付前	収穫後	作付前	収穫後	作付前	収穫後	作付前	収穫後
ソルゴー	1.92	0.65	80.5	13.9	67.0	38.0	514.2	548.9	94.1	87.9
トウモロコシ	1.92	0.72	80.5	17.6	67.0	43.3	514.2	456.1	94.1	87.5
スーダングラス	1.92	0.85	80.5	19.5	67.0	40.0	514.2	468.0	94.1	89.1

資料:宮城県園芸試験場(一部改訂)、単位:EC除きmg/100g

4月28日播種、6月21日収穫(栽培期間56日)

引用文献

- 1) 中央農研成果情報「土壌懸濁液の炭素源資化反応に着目した土壌の微生物性迅速評価手法」((独)中央農研生産支援システム研究チーム)
- 2) 岐阜県研究成果情報「鶏糞堆肥の窒素無機化量の推定技術」(岐阜県農業技術研究所)
- 3) 東北農業研究 27、1980年)「ハウス土壌の塩類集積対策第一報緑肥作物による塩基の収奪について」(宮城県園芸試験場)
- 4) 三重県主要作物の施肥基準 2005年版参考資

- 料「各種有機物の窒素発現特性」
- 5) 土壌肥料用語事典(農文協)
- 6) 農業技術体系土壌肥料編(農文協)
- 7) 有機農業技術の現状と適用条件に関する調査結果((財)日本農業研究所、(財)日本土壌協会、平成21年)
- 8) 堆肥連用による土壌環境の変化と作物生育((財)日本土壌協会、平成21年)

IV. 雑草防除対策

1. 基本的な考え方

野菜の有機栽培において雑草対策は重要な問題である。特に、初夏から秋季にかけて旺盛になる雑草の発生対策にかなりの労力がかかるので、悩んでいる農家が多い。また、ハウレンソウなど軟弱葉物野菜については、雑草が多いと収穫・調製に大変手間がかかるという問題もある。

雑草対策の技術的課題は、いかに労力をかけず、省力的に雑草防除を行うことができるかということである。

野菜の有機栽培農家でやっている雑草対策の現状は、2007年に(財)日本土壌協会が有機栽培農家にアンケート調査をした結果では、「雑草が小さいうちに手取除草」が最も多く、次いで「マルチ栽培」、「管理機で中耕」、「刈払い機除草」、「背が高くなる雑草のみ手取除草」等となっている。

有機野菜農家の実態を調査してみると、レタスなど定植をして栽培する野菜については、マルチ栽培による雑草防除が多い。また、ネギなどのように土寄せをする野菜については、中耕、土寄せ作業が除草を兼ねている。しかし、ハウレンソウ、コマツナのように圃場に直接播種をして栽培する野菜については、マルチ掛けが困難であり、手取り除草が多くなる傾向がある。特に、直播により栽培す



写真IV-1 雑草の生い茂った有機栽培のハウレンソウ畑

る葉菜類の雑草対策に多くの労力を要している。

野菜の有機栽培における雑草防除の基本的な対応策としては、雑草種子の密度低下と、競合雑草の生育が栽培野菜より優勢にならないようにする初期防除が重要である。

①雑草種子の密度を低下させるためには、休眠している雑草種子を積極的に発芽あるいは出芽を促して初期に防除し、埋土種子量を減少させることである。また、雑草に種子をつけさせない等埋蔵種子量を増やさないことが重要である。

②雑草の初期防除については、雑草被害の最も大きい要因が光であることから、雑草の生育が優勢になって野菜への日照が少なくならないように初期に防除することである。

野菜の有機栽培の雑草防除法として特に問題となるのは、圃場へ直接播種をして育てる野菜であり、太陽熱雑草防除法の普及が進みつつあるが、最近の技術動向を踏まえた基本的な対応策は以下の通りである。

1) 主として苗を定植して栽培する野菜

レタス、キャベツなど苗を定植をして栽培する野菜については、マルチ栽培が手軽で行いやすい。背丈が高くなり、雑草による日照不足の被害を受けにくいスイートコーン等は、一般に雑草発生初期の中耕除草を行って対応する。

(1) マルチの利用

雑草への日照を遮断して雑草防除を行う方法としてマルチ栽培がある。マルチは苗を圃場に定植して栽培する野菜について適応されるが、マルチのない畦間や株元は部分的に手取りまたは管理機での除草となる。

マルチの方法としては次のような方法がある。

①ポリマルチの利用

黒マルチ、グリーンマルチ等により土壌表面を被覆して、雑草防除する方法である。

②有機物マルチの利用

わら、刈草等を土壌表面に敷いて雑草発生を抑制する方法である。鋤込めば土壌の腐植含量を高める効果もある。

③草生マルチ利用

ヘアリーベッチ、マルチムギ等背丈の高くならないカバークロープを栽培して雑草を抑制する方法である。鋤込めば緑肥となる。

(2) 管理機、手取りによる除草

マルチ栽培をしない背丈の高くなるスイートコーン等の野菜や、播種栽培のためにマルチ掛けがしにくいコマツナ等の野菜で行われる。マルチ掛け栽培でも畦間や株元はこの方法による。

①中耕除草機の利用

畦間などの雑草の根を切断し浮き上がらせ、あるいは埋没させて死滅させる。

②除草器具の活用

手取り除草を効率的に行うため、雑草をかき取る器具を使用する。

③手取り除草

株元等農機具の入りにくいところは、手でむしり取る方法で行う。

2) 主として直播により栽培する野菜類

ホウレンソウ、コマツナなどのように直播をして栽培をする野菜については、マルチ掛けがしにくく、手取り除草によることが多い。作付時期によっては太陽熱雑草防除が手軽で効果が高い。

①太陽熱雑草防除法

6月～9月の日照が多く高温の時期に、播種前に耕起・施肥をしてから透明ポリマルチを掛けて太陽熱により表層にある雑草種子を死滅させる防除法である。

②手取り除草、除草器具の活用

雑草が大きくなる前に手取り等で行うことが重要である。

③雑草発生の旺盛な時期を外した作型の選択

雑草の発生は春から夏にかけてが旺盛で、秋冬は雑草の生育が少ない。ホウレンソウ等につい

て雑草の少ない時期の作型を選択する方法である。

④播種前に数回耕起あるいは土壌表層を攪拌して雑草密度を低下

耕起をして休眠雑草種子を覚醒させ、出芽させては土壌表面に浅くロータリーをかけることにより雑草の根を切断し浮き上がらせ、あるいは埋没させて死滅させ、雑草密度を低下させる。その後に野菜を播種する方法である。省力化が必要な大規模有機栽培農家向けである。

⑤カバークロープの利用

ヘアリーベッチ等のカバークロープを活用する方法である。

2. 雑草防除の方法

1) 野菜・畑作圃場の雑草の種類と発生の特徴

(1) 雑草の種類

発生する雑草の種類は非常に多く、地域や土壌条件でかなり変わってくるが、一般に畑地では一年生雑草が主体であり、果樹園や非農耕地では多年生雑草の比率が高くなる。

主な雑草の種類は次の通りである。

[一年生雑草]

イヌビエ、メヒシバ、オヒシバ、エノコログサ、スズメノカタビラ、スズメノテッポウ、カヤツリグサ、イヌタデ、オオイヌタデ、スベリヒユ、ハコベ、シロザ、ホソアオゲイトウ、イヌビユ、ナズナ、タネツケバナ、スカシタゴボウ、イヌガラシ、カラスノエンドウ、ホトケノザ、ヒメオドリコソウ、オランダミミナグサ、ヤエムグラ、ツユクサ、ハキダメギク、ノボロギク、エノキグサ、オオイヌノフグリ、イチビ

[多年生雑草]

チガヤ、イヌムギ、シバムギ、カタバミ、セイヨウタンポポ、ハルジオン、ヨモギ、オオバコ、シロツメクサ、コヒルガオ、エゾノギシギシ、ハマスゲ、スギナ

[非農耕地の雑草]

空き地や路傍などの農耕地でないところに生育する雑草は、畑地の雑草と共通のものも多いが、

全般に多年生雑草の比率が高くなる。

チガヤ、ススキ、オギ、イヌムギ、セイヨウタンポポ、キクイモ、ヨモギ、オオヨモギ、セイタカアワダチソウ、オオアワダチソウ、ハルジオン、ヒメスイバ、エゾノギシギシ、イタドリ、クズ、ヤブガラシ、コヒルガオ、シロツメクサ、ムラサキツメクサ、オオバコ、スギナ

(2) 野菜畑での雑草発生の特徴

野菜畑での雑草発生の特徴として、一般にイネ科雑草が少なく広葉雑草が多いことが挙げられる。例えば、タマネギを休閒畑に作付けた場合、1作目は60～80%がイネ科雑草であったが、2作目以後は30～50%に減少したという報告がある。

野菜畑においてはメヒシバ、ノビエ、シロザといった代表的な畑雑草の発生が少なく、スベリヒユ、カヤツリグサ、ニワホコリ、ウリクサといった草種の発生が多い。

スイカ(メロン)－ハクサイ体系のように、春夏作(2～3月－5～6月)－秋冬作(8～9月－12月)といった作付体系においては、通常春夏作の終了後の7～8月にロータリーによる耕うん作業が行われる。この場合、春先に発生したメヒシバやノビエ、シロザなどは春夏作野菜の収穫以前には成熟しないので、種子生産ができない。

また、秋冬作の作付時期である8～9月に発生した雑草は、秋までに成熟するものもあるが、その生育量は非常に小さく種子生産量も少ない。

また、ダイコン、コカブ、ハウレンソウのように1作の作付期間の短い作物は、雑草の生活環の完結をしにくくしており、さらにプラスチックフィルムによるマルチ栽培が行われ、裸地部分が少ないことなども雑草の発生する場を制限している。

野菜の種類、作型によって雑草の発生状況は大きく異なるが、春～秋の作付け期間には、温暖多雨の条件により雑草が多発し、特に露地で比較的大規模に栽培されるニンジン、タマネギ、ダイコン、ハクサイ、キャベツ等で防除の必要性が大きい。

(3) 埋土種子の寿命

作物との競合のない条件において、関東地方

の4～5月に発生した畑雑草の1株当たり種子生産量をみると、カヤツリグサ、スベリヒユは50,000～100,000粒、シロザ、メヒシバ、イヌビユは10,000～20,000粒、ヒメイヌビエ、オオイヌタデ、クワクサは2,000～5,000粒、ツユクサは800～1,000粒、エノキグサは150～300粒とされている(高林、1984)。このように、雑草は作物との競合のない条件下では大量の種子を生産するが、一般の圃場においては作物との競合下での生育となる。

雑草種子は一度圃場に落下すると土壤中で長期間生存する。雑草種子の寿命は短いものでメヒシバ、ヒメイヌビエなどで2～3年、長いものでカヤツリグサ、シロザ、ツユクサなどが5年以上とされているが、シロザ、スベリヒユ、ツユクサなどは30年以上も生存していたという報告もある。

2) 雑草の生態的特色と発生の抑制方法

(1) 雑草被害の要因

作物に対する雑草害は、直接的には光、養分、水分などの生育要因を奪い合う競合により発現し、その結果、収量や品質が低下する。その要因は競合の過程で一様に作用しているわけでない。作物と雑草間での圃場における直接的な競合の要因は、水分、養分、光であるが、これまでの研究で作物の雑草抑圧力という観点から光が主要因であることが分かっている。すなわち、畦内や畦間の遮光時期が早く、かつ、遮光力の大きい作物は雑草に対する抑圧力が強い。

関東地方平坦部において5月中旬に播種した畑作物について試験した結果、トウモロコシと大豆は畦間を遮光する速度が早く、かつ、相対照度を低く保持している空間も高いが、陸稲と落花生は遮光の開始時期が遅く、さらに照度を低く保つ高さも低いことが分かった(野口、1983)。

このように、作物の種類によってその生育速度や遮光特性が異なるため、雑草に対する抑圧力が違ってくる。

畑地における強害草であるメヒシバ、シロザ、タデ類などは、相対照度10%以下ではその生育が

著しく抑制され、草丈の伸長もほとんど停止する。特に、シロザやタデ類など大型の雑草が作物の上部まで伸長してしまった場合、光の透過が妨げられるだけでなく、地下部での水分や養分をめぐる競合も深刻になり著しい雑草害を招く。

一方、作物はその種類によって異なるが、播種後一定期間を経過すれば作物群落内の相対照度が10%以下に低下することも分かっている。したがって、いつ作物群落内の相対照度が10%以下に低下するか、どのくらいの高さまで照度を低く保つか、その時期の雑草の生育速度が分かれば、除草必要期間を設定することができる。

(2) 雑草の発生抑制の方法

① 雑草種子の密度低下

土壌中における種子の最大出芽深度は、ツユクサとヒメイヌビエは10cm、メヒシバ、オオイヌタデは5cm、シロザ、スベリヒユ、カヤツリグサなどは3cm以下であるとされている。

したがって、秋にプラウ耕を行い、雑草種子を地表面より10cm以下の層に埋没させ、3年程度不耕起あるいは浅い層のロータリー耕を行えば、その間に深層に埋め込まれたメヒシバやヒメイヌビエなどは死滅することが期待される。しかし、この方法は寿命の長いツユクサなどには効果が期待できない。このように、雑草種子を発芽させずに死滅させる方法は草種によって異なる。

雑草種子は休眠が覚醒すると、発芽可能な環境条件になれば発芽し、その一部は成熟して種子を生産するが、大部分は除草作業により防除され、種子を生産せずに枯死する。雑草にとって、発芽から定着までの出芽期間は、環境の変動に対して最も弱い生育ステージであり、除草機による防除効果も高く防除しやすい。

したがって、積極的に休眠を覚醒させ、発芽あるいは出芽を促し、初期に防除することは埋土種子量の減少に非常に有効である。作物栽培で一般的に行われる中耕は、現在発生・生育している雑草を切断、埋没などの効果により防除すると同時に、新たな雑草の発生を促す。

このように、中耕は土壌中の雑草種子の減少に有効な反面、その後に発生する雑草の防除対策を怠ると逆効果になることもある。

② 雑草防除の時期

雑草被害の最も大きい要因は光であるが、畑地の強害草であるメヒシバ、シロザ、タデ類などは相対照度10%以下ではその生育が著しく抑制されることが分かっている。

例えば大豆の場合、群落内の相対照度が10%以下に低下するのは播種後約73日であり地表面から約50cmの高さまで低い照度になる。一方、競合雑草であるメヒシバがこの時期に50cm以上に伸長するには約40日間を必要とする。したがって、73日から40日を差し引いた播種後約33日が除草の必要期間となる。

これは、大豆播種後33日以前に発生したメヒシバは、大豆が相対照度を低く保持している空間を越えて、その上部に伸長して雑草害を及ぼすが、33日以後に発生したものはその上部に伸長できず、大豆茎葉に遮蔽されて、その生育が著しく抑制されることを示している。

野菜の種類、作型で雑草発生は大きく異なるが、春～秋期の作付けで、温暖多雨条件により雑草が多発し、特に露地で比較的大規模に栽培されるハクサイ、キャベツ、タマネギ、ニンジン、ダイコン等で防除の必要性が大きい。

レタス、キャベツ、ハクサイ、ダイコン、ニンジン等の直播栽培で作物と雑草の競争について検討され、生育初期の雑草防除が特に重要であることが分かっている。これらの野菜では播種後30～45日が雑草防除の適期であり、物理的防除の場合2回除草が望ましいことが明らかにされている(農林水産省野菜・茶業試験場 施山)。

3) 生態的雑草防除の方法

(1) 農機具の利用

耕うん機具は、反転耕用機具と攪拌耕用機具とに分けられる。これらは砕土均平用機具とともに圃場を均平、整地して播種や移植に備えるために行うことが主目的であるが、雑草防除効果も大きい。

人力用としては鍬類、鋤類、トラクターには牽引用としてプラウ、駆動耕用としてロータリー耕うん機、ロータリープラウなどがある。作用の深さは10～30cmである。

プラウ等で12～30cmの深さに耕起して地表面を反転すると、地表面近くの雑草種子は出芽可能層より深く埋没するため、雑草発生数が著しく減少する。また、秋期に反転耕を行うことによって多年生雑草の栄養繁殖器官を土壌表面に露出させ、冬の低温と乾燥で死滅させることができる。

これに対し攪拌耕は、一般に雑草発生抑制効果は少なく、むしろ発生を促進する。この現象を利用して、秋に浅く攪拌耕を行って夏雑草の発生を促し、冬の寒さで枯らす方法もある。

(2) 中耕・除草・培土機具

人力用には鍬類、万能、ホー、動力用には全面除草用機としてウィーダー（ウィーダーマルチャー）、畦間除草機としてカルチベーター、ステアレイジホー、ロータリーカルチベーター、ロータリーホー、水田用中耕除草機、畦内（株間、株ぎわ）除草機としてウィーダー、培土機、土入機などがある。

ウィーダーは主として畑作物の生育初期の全面除草に使用する。枠に多数のばね歯かんを付けたもので、これをトラクターの後部に装着して引くと土を引っかき、ばねが働いて激しく振動するため土は細かく碎かれ、土壌マルチを形成する。マルチ内の水分は急速に乾燥するので発芽したばかり

の雑草は枯死する。土中での歯かんの作用する位置は雑草の発生深度より深く、かつ、作物の発芽深度より浅いので、作物と雑草に対する作用に選択性がある。

カルチベーターは元来、畑の中耕を目的とする作業機であるが、いろいろな作業部品（爪や板）の交換により中耕、除草のほか、培土、簡易整地など広い用途に使用されている。この機械は中耕には適しているが、除草性能はあまり高くなく、雑草が少し大きいと除草能力は急激に低下するので、除草を兼ねて作業を行う場合には、できるだけ雑草の小さいうちに行なう必要がある。

ステアレイジホーは作条間の除草を主目的とした除草機で、構造は基本的にはカルチベーターとほとんど変わらない。この機械の特徴は雑草を地際部から切断する除草専用の爪刃を固定していることと、補助者座席と操作レバーが付いている点である。

ロータリーホーは数個のフレームに耕うん機のロータリーの小型のものを数個取付けたものである。トラクターの後部に装着し、PTOで駆動するものが多い。中耕及び除草性能はカルチベーターより高く、特に除草性能に優れている。

畑地での中耕除草機の除草作用は、装着する作用爪の種類によって異なり、ショベル及びディスクは引抜きと埋没、スイーパーは断根の効果が高い。中耕除草された雑草が枯死するか否かは土壌水分に大きく左右される。土壌水分が多いと雑草枯死率が下がる。



写真IV-2 スプリング式ウィーダによる除草機



写真IV-3カルチベータ

また、中耕除草において土壌水分条件とともに問題となるのは畦内の雑草である。中耕による除草作業のみでは畦内に雑草が残り、防除効果が不十分であったとする例が多い。畦内の除草には作物は残して雑草は除去する選択性が求められるが、機械除草は概して非選択的であるため、この面では大きな難点となる。なお、播種後の出芽前の段階においては、ウィーダー作業にはこの選択性がある。

(3) 草刈用機具

人力用として各種の鎌がある。動力式草刈機には刈払機、ロータリーモア、フレールモア、レシプロモア等がある。また、その支持及び走行形式の違いから刈払機は肩掛式と背負式に、他の草刈機は歩行用と乗用トラクター用に分けられる。

刈払機は動力を持つ草刈機として最も小型軽量のものであり、手軽に持ち運びできることから水田の畦畔、果樹園、道路、山林など広く使用される。エンジン、遠心クラッチ、刈刃が基本構造となっている。刈刃は切込刃と丸のこ刃とがあるが、外周の1/4以上を防護するなど安全性が重視されている。

ロータリーモア(ロータリーカッター)は、板状の刈刃をもつ草刈機である。刈刃の直径は小さいものでは30cmから乗用トラクター利用の150cmにも及ぶものがある。刈幅90cm以上のものでは複数の刈刃を持つものが多い。刈刃には直線刃とスイング刃の2種類がある。石などの飛散を考慮して刈刃は刈刃ケーシングによって全面防護されている。果樹園などで広く使われている。

草刈用機具は芝地での芝管理、牧草地での採草などにも使われるが、除草を主目的として使用されるのは果樹園での草生法における下草管理、水田の畦畔の管理、非農耕地の管理などである。

(4) マルチの利用

マルチは、作物の生育している圃場の土面をプラスチックフィルム、敷藁、敷草等によって被覆し

て雑草を防除する方法である。マルチ栽培は雑草防除効果のほかに地温の上昇または抑制、土壌の乾燥及び侵食防止などの効果も兼ね備えているので、耕種的雑草防除に含める場合もある。

マルチでは、主に遮光によって雑草の発生と生育を抑制するが、遮光性の少ない透明プラスチックフィルムでも上手に利用すれば高い除草効果を発揮する。例えば露地野菜においては、通常春～秋期の栽培では雑草防除のために黒色プラスチックフィルムが用いられるが、秋～冬期の栽培では地温上昇効果の高い透明フィルムが用いられる。この場合、フィルムと地表面の間の隙間が大きいと発生した雑草が旺盛に生育し雑草害を及ぼすことがあるが、地表面とフィルムとが密着していると高温により雑草は枯死し、高い除草効果を上げることができる。

4) 野菜の有機栽培における雑草防除の実際

葉菜類の雑草防除法は、苗を移植して栽培する野菜と直播をして栽培する野菜とでは異なるので、それぞれに分けて方法を述べる。

(1) 定植をして栽培する野菜の雑草防除

レタス、キャベツなど定植をして栽培する野菜については、マルチ栽培によって雑草防除している例が多い。マルチ利用としてはポリマルチ利用、有機物マルチ利用、草生マルチ利用がある。そのほか中耕除草機の利用等がある。

① ポリマルチの利用

雑草防除効果のあるマルチ資材は「黒色ポリエチレン」、「緑色ポリエチレン」、「紫色ポリエチレン」、「白黒ポリエチレン」などである。

「透明ポリエチレン」は日光を通し、その下で雑草が生長しマルチを破ることがあるので、通常春～秋期の栽培では雑草防除用としては利用しない。

こうしたマルチ資材の効果としては、雑草防除効果のほかに地温の上昇等地温管理、土壌水分や養分の保持、土の跳ね上がり防止による病害抑止などの効果がある。

マルチ資材の利用としては、地温の低い時期は地温上昇効果の高い「緑色ポリエチレン」、「黒色ポリエチレン」などが利用される。また、高温期には地温が上がりにくい「白黒ポリエチレン」が利用されている。

マルチの掛け方としては、部分マルチと全面マルチがある。部分マルチは畦のみに掛けるもので、通路は除草機等で除草する必要がある。

最近では、雑草防除が殆どいらず、降雨時の土の跳ね返りがなく腐敗病などの発生の少ない全面マルチ方式が普及してきている。

野菜の有機栽培農家でもポリマルチの利用は一般化してきているが、農家の中には雑草防除の労力を少なくして規模拡大を図るため、全面マルチ栽培を導入しているところもある。

なお、ポリマルチは雑草抑制効果が高く便利ではあるが、コストがかかり廃棄処分を適切に行わなければならないという課題がある。



写真Ⅳ-4 有機野菜栽培における全面マルチ栽培（マルチが飛ばないように畦間に土入れを行っている）

②有機物マルチの利用

定植した野菜苗の周囲から畦間に至るまで、全面を有機物で覆ってしまふ方法である。利用する資材としては、わら、落ち葉、籾殻、刈草、堆肥などである。堆肥のみのマルチの場合は堆肥から雑草が生えてくることがあるので、その上に刈草などを敷く。

有機物マルチの利点は、マルチした後分解

し、それを鋤込むと土壌改良になることや、高温時期には地温低下効果があることである。また、マルチ内にミミズなどが発生し、土壌の団粒化を促進するとともに、堆肥製造の手間が減る効果もある。

この方法の課題は、大量の落ち葉やわらなどをどのようにして収集・確保するかである。最近では輪作や間作による作物の茎葉をマルチ資材として利用する方法も開発されてきている。

③草生マルチ利用

定植した野菜苗の周囲から畦間に至るまで、地這いのマメ科植物や麦類を播種し地面を覆い雑草の発生を抑制する方法である。利用する植物としてヘアリーベッチ、マルチムギ等が用いられる。

ヘアリーベッチは夏になると自然に枯れ、有機物マルチの役割を果たす。ヘアリーベッチはマメ科植物で根粒菌を形成するので地力増進にもなる。

マルチムギは背の低い草むらになって地表を覆い、敷きわら代わりになる。また、マルチムギは盛夏期になると枯れるが、それがそのまま麦わらマルチとなって雑草を抑える。

時期によってはエン麦、クリムゾンクローバーなども利用できる。これらの草生栽培では天敵が集まりやすく害虫防除の面からもメリットがある。

この方法の場合、一般に種子を購入し栽培する必要があり、その分の経費がかかるので、ややコスト高となる。



写真Ⅳ-5 ヘアリーベッチマルチによるブロッコリー栽培

④管理機、手取り除草

有機栽培では手取り除草とともに、中耕除草機の活用が多い。畦間に中耕除草機をかけて除草を行う。中耕除草機を利用する場合は中耕除草機が通れる植え幅にする必要がある。

また、中耕除草機をかける場合は好天が続いて土が乾いているときが良い。乾いていれば、雑草の根を浮かせるだけで枯れる。雨の多いときは根を痛めたり作物に触れて傷をつけやすいので避けた方が良い。



写真Ⅳ－6 人力中耕除草機の利用例

(2) 直接播種をして栽培する野菜

ホウレンソウ、コマツナなど圃場に直播して栽培をする野菜、玉ねぎの育苗床については、太陽熱雑草防除が手軽でやりやすい。この他、雑草発生の旺盛な時期を外して播種をする、除草器具を活

用する、手取り除草をする、播種前に数回耕起して雑草密度を少なくする、地力増進作物等へアリーベッチと混植するなどの方法がある。

①太陽熱雑草防除

6月～9月の高温期に播種前に耕起・施肥をしてからポリマルチをかけて太陽熱により表層にある雑草種子を死滅させる防除法である。最近、有機栽培農家をはじめとして特別栽培農家にも多く取り入れられるようになってきている。特に適応時期は太陽熱を利用することから、6月～9月の太陽光が強い時期となるが、雑草もその時期に発生が旺盛なので効果的な除草方法といえる。

〈地温と雑草発生の変化〉

農業研究センター(片山ら)の「土壌の加温処理試験による雑草発生数の変化」の研究結果によると、雑草発生の抑制効果が期待できる条件は次の通りである。

- 55℃では6時間以上が必要
- 50℃では48時間(2日)以上が必要
- 45℃では168時間(7日)以上が必要
- 40℃以下での処理効果は低い。

〈農家圃場での実証調査結果〉

日照の少ない年やビニールマルチがだぶついていると温度が上がりにくく雑草防除がうまくいかないことがあったことから、効果が上がる被覆期間、効果が期待できるマルチ内の最低温度条件、マルチをダブつかせた場合の温度低下の程度等

表Ⅳ－1 ポリマルチ被覆下の土壌の温度の変化試験 (1カ月間)

区別	深さ	55℃以上の日	50℃～55℃の日	45℃～50℃の日	最高温度
試験区A (ダブつかせ)	3cm	17日	7日	3日	61.3℃
	6cm	0	14日	8日	53.5℃
試験区B (マルチ密着)	3cm	0	17日	6日	54.4℃
	6cm	0	0	5日	45.9℃
対照区 (無マルチ)	3cm	0	0	0	43.0℃
	気温	0	0	0	42.9℃

(試験区)

- 対照区(無マルチ) 施肥、耕起し、マルチ掛けはしない
- 試験区A(マルチダブつかせ) 施肥、耕起しマルチをややダブつかせてマルチ(透明)がけを行う。
- 試験区B(マルチ密着) 施肥、耕起し土と密着させてマルチ(透明)がけを行う。

資料：(財)日本土壌協会



写真IV-7 太陽熱雑草防除試験圃場

(右の写真はポリマルチを剥いで数日後の圃場の状況。透明ポリマルチをだぶつかせた区(左畝)も密着させた区(右畝)も雑草は生えていない)

を明らかにするため、農家圃場で実証調査を行った。

栃木県茂木町に以下の3区を設け地中温度の変化を調べるとともに(2010年7月15日～8月17日)雑草の発生状況を調査した(表IV-1)。

2010年の夏は高温に推移し、上記の雑草種子が死滅する48時間(2日)以上が必要という条件を満たしており、ポリマルチをだぶつかせた区でも十分要件を満足していた。

また、通常の半分の日数14日でも雑草は完全に抑草されていた。

太陽熱雑草防除の主な留意点は次の通りである。

①太陽熱雑草防除の適期は日照時間の多い6月

頃から9月頃までである。(これまで6月に関東地域(群馬)で実証して成功した例がある。2009年7月の日照不足の年は関東地域(千葉)では雑草抑制効果が十分でなく、8月は約3割日照時間が多く成功している。日平均気温は7月も8月もさほど差がなかったため雑草抑制には日照時間がより多く関与していると考えられる。)

②ポリマルチの被覆期間は一般に20日～30日である。

③ポリマルチ資材としては地温上昇効果の高い透明ポリマルチを利用する。

④地温が上がりやすくするためポリマルチを土に密着させる。

⑤マルチをかける前に耕起、施肥しマルチを剥い



写真IV-8 2009年7月23日の状況

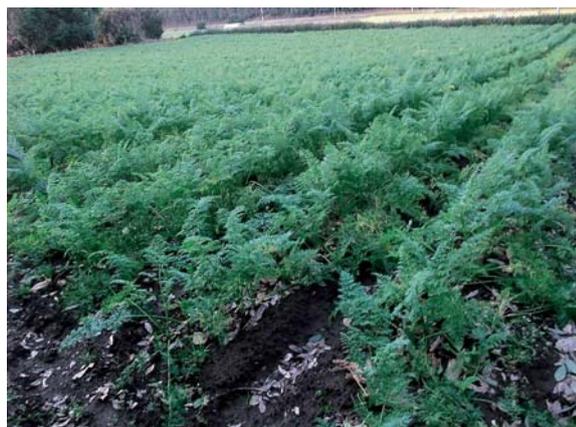
(マルチかけて3日目。土にしっかり密着している。マルチ掛けするときは風に飛ばされないようしっかり留める)

たら耕起しない。(雑草種子が下から表土に出て雑草が発生する。)

⑥きれいなポリマルチほど効果が高く、汚れていると効果が下がる。

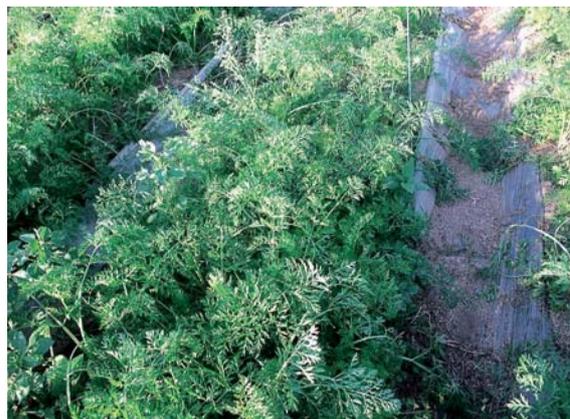
〈太陽熱利用による雑草防除の実施例(千葉県の有機栽培農家)〉

- 7月に人参播種の際、6月下旬から7月上旬にかけて実施する。
- 播種前に施肥、耕起しマルチ(透明 0.02mm)掛けを行う。
- マルチ掛けする前はかなり乾燥しているときは灌水する。
- マルチは 20~30 日間かける。これにより雑草の種子が高温で死ぬ。
- マルチを剥いだ後は間隔を開けず、耕起せずに播種する。



写真IV-9 2009年12月7日の収穫期の状況
(ニンジン畑に雑草は殆ど目立たない。通路は中耕除草機をかけている)

マルチは畦にかけるが、掛けた後のビニールは横にずらし通路の雑草防除のためのマルチとして活用し有効利用している有機栽培農家もある(写真IV-10)。この方法は、手軽で大変雑草防除効果があるが、課題としてはその年の天候に左右されることと、ポリマルチのコストがかかることである。

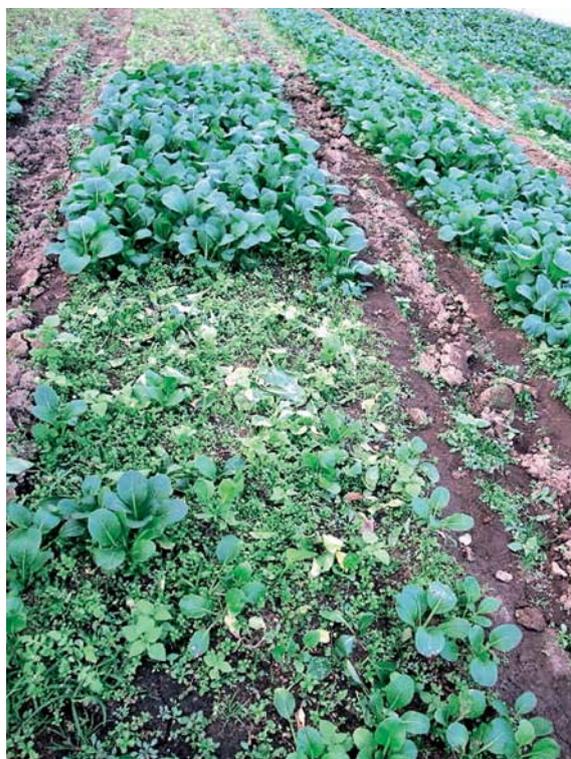


写真IV-10 廃ビニールは通路の除草に利用

②その他の方法

(数回の耕起により雑草密度を下げる等)

有機栽培を大規模に行っている場合には、雑草防除に手間がかけにくいことから、播種前に耕起して雑草の芽が出たところで再度耕起し、雑草密度を下げてからコマツナを栽培している例もある(写真IV-11、12)。収量、収穫作業にさほど影響ない範囲に雑草を抑制するという方法である。



写真IV-11 コマツナの収穫圃場(収穫・調製に影響ない程度に雑草が抑えられている)



写真Ⅳ－12 コマツナを播種し発芽した圃場

引用文献

- 1)最新の環境保全型農業技術((独)中央農業総合研究センター)ウェブ情報
- 2)野菜の作型と雑草防除、植調2、11～17.
1987、施山紀男
- 3)農林水産技術会議事務局:畑作における雑草の省力防除技術の確立に関する研究, 研究成果、91、1～233. 1976
- 4)有機農業技術の現状と適用条件に関する調査結果((財)日本農業研究所、(財)日本土壌協会)(平成21年、平成20年)

V. 病害虫防除対策

1. 基本的な考え方

1) 病害虫防除の基本

病害虫は主因(病原菌、害虫)、素因(農作物の体質)、誘因(栽培環境)がそろってはじめて発生する。有機栽培では化学農薬を用いることができないので、病害虫防除は主因を除くのではなく、素因と誘因を改善する方法が中心になる。

このため、有機栽培での病害虫対策は土づくりや栽培管理方法の面から、農作物を病害虫が発生しにくい体質に改善することが重要である。また、病害虫が発生しにくい土壌環境や栽培環境を整えることが重要になる。さらに、病害虫の発生が予想され、その制御が困難な場合に限り、主因に直接影響を与える拮抗微生物由来の生物農薬など有機 JAS の制度で許容されている農薬を用いることを検討することになる。

しかし、野菜の有機栽培においては、病害虫が発生しにくい環境づくりをしていくことが基本ではあるが、気象条件の変化などにより大発生をして大きな被害を蒙ることがある。そのため、病害虫の発生の実態に即した各種対応策をとる必要がある。

基本的には、圃場を常に良く観察し病害虫の発生状況を把握するとともに、病害虫の種類を特定し、それに応じた適切な対応を早期にとることが重要である。

2) 有機栽培での病害虫問題と対応状況

有機野菜の栽培農家の多くが悩んでいる病害虫は、平成 19 年に(財)日本土壌協会が有機農家に対して行ったアンケート調査結果によれば、露地野菜の害虫としては「ヨトウムシ」が最も多く、次いで「アオムシ」、「アブラムシ」、「コナガ」となっている。

また、病害については「軟腐病」が最も多く、次いで「葉枯病」、「うどんこ病」となっている。

一方、ハウスでの野菜の有機栽培で問題になっている害虫は、「アブラムシ」が最も多く、次いで「ヨトウムシ」、「コナガ」と「コナジラミ」となっている。また、ハウス野菜での病害については「べと病」が最も多く、次いで「葉かび病」、「うどんこ病」、「青枯病」、「灰色かび病」となっている。

有機栽培を行っている野菜農家のこうした病害虫に対する対策の現状については、露地野菜の害虫対策としては「土づくり・適正施肥」が最も多く、次いで「被覆資材」、「JAS 適合農薬」、「作型選択」、「生態系バランス」、「未熟有機物を控える」、「線虫抑制作物」、「忌避テープ等」、「品種選択」、「栽植密度」等となっている。また、病害対策としては「土づくり・適正施肥」と「輪作体系」が最も多く、次いで「抵抗性品種」、「JAS 適合農薬」と「作型選択」、「生態系バランス」、「栽植密度拡大」、「病気株早期除去」、「太陽熱土壌消毒」となっている。

一方、ハウス野菜における害虫対策としては「土づくり・適正施肥」が最も多く、次いで「JAS 適合農薬」、「被覆資材」、「生態系バランス」、「未熟有機物控」、「忌避テープ等」、「天敵昆虫等」、「栽植密度拡大」等となっている。また、ハウス野菜の病害対策としては「土づくり・適正施肥」が最も多く、次いで「抵抗性品種」、「太陽熱土壌消毒」、「栽植密度拡大」、「輪作体系」、「JAS 適合農薬」、「作型選択」となっている。

以上に見られるように、野菜の有機栽培における病害虫対策としては、大きく分けて①抵抗性品種、土づくり、輪作体系などの耕種的防除対策、②防虫ネット、マルチなどの物理的防除対策、③天敵、BT 剤など生物的防除対策がある。

3) 病害虫防除対策の概要と考え方

(1) 耕種的防除対策

①抵抗性品種の選択

葉菜類の種類によっては、特定の病害に抵抗

性のある品種があるので、極力そうした品種を利用する(例えば、ホウレンソウのべと病、ハクサイの根こぶ病抵抗性品種等)。

②土づくり・適正施肥

健全な生育をした野菜は病害虫に侵されにくくなるが、そのためには健全な野菜が育つようにするための土づくりが欠かせない。特に、窒素過多になると軟弱な生育となり、病害虫を受けやすい素地を持つことになるので注意する。また、未熟な有機物は害虫の発生を促すので注意する。

③排水対策

レタスなどの軟腐病、タマネギのべと病などは排水不良圃場で発生しやすい。また、一般に排水不良地では生育が不良となり、軟弱な生育が病気を誘発し伝染を拡大するので注意する。

④輪作体系、間・混作体系の導入

連作をすると特定の病害虫が多くなるので輪作体系をとることが重要である。また、混作すると作物の組み合わせによっては病害虫が回避される。

⑤播種期、定植期の移動による病害虫の回避

環境条件との関係で病原菌、害虫が特に多くなる時期があるので、播種期や定植機をずらしてその時期を避ける。これには、気象変動に対するリスク分散の意味もある。

⑥対抗植物による防除

センチュウ対策としてエン麦やマリーゴールド、クロタリヤ等を導入することにより土中または植物組織内外のセンチュウの発育阻害を図る効果をもつ。

⑦ハウス等の適切な温湿度管理

湿度が高いと病気が発生しやすい(灰色かび病等)し、病原菌や害虫の発生しやすい温湿度もあるので、ハウス等では適切な温湿度管理に留意する。

⑧病害虫発生圃場の管理

病害虫に侵された株や葉は病原菌や害虫の発生の温床になるので、圃場外に持ち出したり太陽熱消毒などによる対策をとる。

(2) 物理的防除対策

①防虫ネット等害虫侵入防止

被覆栽培やハウスの入り口等で利用し、害虫を作物と接触しないようにする。目的とする害虫により目合いを変えて対応する。

②雨よけ、トンネル栽培の導入

作物が雨にぬれると病原菌の胞子が発芽しやすくなるし(ホウレンソウ立枯病等)、湿潤又は多湿条件下で病原菌の繁殖・伝搬が盛んになることが多いので、降雨が直接作物にかからないように遮断する効果をもつ。

③太陽熱利用による土壤消毒

土壤中の多くの病原菌やセンチュウ類は、太陽熱を利用して防除できる。ハウス等の施設の場合には、夏の高温期に休閑となるハウス等の施設を密閉して地面をビニール等で全面被覆をし、ハウス内を湛水する方法と、施設内の作土層にフスマや堆肥などを均一に混和後灌水をして透明ビニール等で覆い温度の上昇と土壤内を還元状態にする方法がある。また、露地畑でも夏の高温期に透明ビニール等でマルチをして浅層部の土壤消毒ができる。

④マルチ栽培の導入

泥の跳ね上がりによる腐敗病等の蔓延防止が可能である。シルバー(反射)マルチはアブラムシ類、コナジラミ類の飛翔行動を攪乱し忌避効果がある。

⑤捕殺

ハスモンヨトウなどの若齢幼虫は集団で生息するので捕殺を行う。

⑥黄色蛍光灯などの活用

ハウス内育苗で夜間活動するヨトウムシ、ハスモンヨトウ等に対し夜間に照明し、昼間と同様の非活動状態にする。

⑦近紫外線除去フィルムの利用

施設内へのアブラムシ類、アザミウマ類、ミナミキイロアザミウマの侵入を阻害したり活動を阻害する。

(3) 生物的防除対策

①バンカープランツの利用

ムギ等を植えて予め天敵を呼び寄せて増殖しておき、対象作物の被害を軽減する(アブラムシ等)。

②細菌製剤の活用

土壌中に広く分布している細菌である BT(バチルスチュウリンゲンシス)が菌体内に作る結晶性物質中の殺虫効果のある蛋白質から製造した BT 剤により、コナガ等の防除を行う。

以上の各種対策は、地域、野菜の種類、作型によって病害虫の発生状況が異なるので、発生状況に応じ、適切と考えられる方法を組み合わせて実施することが必要である。

2. 有機栽培における病気対策

有機栽培における病気対策の基本は、病害発生の主因(病原菌)を少なくし、素因(農作物の体質)と誘因(栽培環境)を如何に制御していくかであり、害虫制御においても共通するものがある。また、しばしば害虫は病原菌を感染・伝搬する役割を果たし、また病害と虫害との相乗的な被害をもたらすなど相互関連性も高い。

したがって、本項では病気対策を中心としながらも、病害虫対策に共通する技術についても一体的に触れることとした。

1) 有機栽培での病害の特徴

有機栽培で発生する病害と施肥量との相関関係は高く、病害は多肥で多くなり、小肥で少ない傾向が見られる。

農作物は化学肥料であれば、生育適温とは関係なく肥料成分を吸収することができるが、有機質肥料では微生物によって分解されてから吸収されるので、温度依存性が高く、農作物の生育適温に合った状態で吸収する。有機栽培と慣行栽培では農作物の体質が違うため、病原菌に対する感受性は異なる。

また、有機栽培では化学肥料と農薬を用いないため、特定の圃場に栽培されることが多く連作になりやすい傾向がある。また、旬を大切にすると

め、露地で適期に栽培されることが多くなる。農薬は病原菌以外の有用菌やただの菌も殺菌するため、葉、茎、根などに生息する微生物菌相も有機栽培と慣行栽培では異なる。

さらに、慣行栽培では早出しが販売上有利になるので、ハウスや温室など施設を利用して栽培されることが多くなる。このため、野菜類は直接雨に当たらないので、雨の少ない時に発生する病害が多くなる傾向がある。有機栽培では露地で旬に栽培することが多いため、野菜類は雨に当たるが多くなり、雨を好む病害が発生しやすくなる。

このように、有機栽培と慣行栽培では発生する病害は異なるが、圃場環境を良くし、作付け時期を選び、品種を選ぶことなど総合的な技術対策をとり、有機栽培が安定すると病害はほとんど発生しなくなる。個別技術によって農薬に変わる代替手段があるわけではないことは肝に銘じておきたい。

(1) 発生しやすい病害

連作を行うことによって増加する病害として、アブラナ科野菜類の根こぶ病(写真V-1)、野菜類全般のフザリウム病やバーティシリウム病などの土壌伝染性病害がある。また、低栄養で栽培されることで多くなる病害として、うどんこ病やさび病、降雨で多くなる病害として、疫病や細菌病がある。



写真V-1 ハクサイの根こぶ病

(提供:渡邊 健 氏)

(2) 発生しにくい病害

高栄養を好む炭そ病や灰色かび病などは、有機栽培の初期には発生しにくい病害である。連作に伴って発生しやすいアブラナ科野菜類の根こぶ病、野菜類全般のフザリウム病やバーティシリウム病などの土壤伝染性病害も、連作を続けていると発病衰退現象から、発病抑止型土壌となり、土壌病害が発生しなくなる現象が観察されている。

2) 病害の防除対策

有機栽培では化学農薬を用いることができないので、病害防除は主因を除くのではなく、素因と誘因を改善する方法が中心になる。

このため、有機栽培での病害対策は土づくりや栽培管理方法の面から、農作物を病害に感染しにくい体質に改善することが重要である。また、病害が発生しにくい土壌環境や栽培環境を整えることが重要になる。さらに、病害の発生が予想されその制御が困難な場合に限り、主因に直接影響を与える拮抗微生物由来の生物農薬など有機 JAS の制度で許容されている農薬を用いることも考慮することになる。

具体的な防除対策の概要は以下の通りである。

(1) 土づくりによる対策

畑は元の山林や草原の地形をそのまま利用する場合(本畑)と、地形を改造して圃場を作る場合(造成畑)がある。近年、多くの圃場は機械化の進展に伴って、原地形が無視され、均平化、大区画化されている。

このため、土壌表面は均一に見えるものの、土壌構造は不均一となっている場合が多く、これが地力の差となり、生産不安定の一因になっている。慣行栽培では化学肥料や農薬を用い、土壌の不均一性から生じる作物生育のバラツキや生育障害をカバーし、生産安定に貢献してきた。

有機栽培を行う場合、本来の地形を最大限に利用した棚田や段々畑などでは、土壌構造が一定であるため、栽培が容易に行える。しかし、大区画化された圃場では地力の不均一から生ずる生

育のバラツキが大きく、種々の障害が発生する。

このため、有機栽培の土づくりにおいては土壌の立体構造の改善を主体に、土壌微生物の活性化を図るため、輪作、間作、混作、草生栽培、有機質資材の投入を行う必要がある。

①土壌の立体構造と水分移行

有機栽培を行う圃場は、砂地のように水持ちの悪い圃場、重粘土のように水が浸透しない圃場のいずれも適当ではなく、適度の水はけ(透排水性)と水持ち(保水性)が要求される。このため、固相、気相、液相の3相のバランスが保てるような、土壌の立体構造を作る必要がある。

また、好気性、通性嫌気性、嫌気性の土壌微生物をバランスよく繁殖させるため、適度の鋤床を作る必要がある。

i. 水平構造と垂直構造

農作物の根は吸肥根、吸水根、貯蔵根、牽引根、支持根などに分けられる。吸肥根は比較的浅い位置、吸水根は深い位置に伸長する。このため、表土、作土、鋤床、心土などの水平構造を作る必要がある。また、水は横にはほとんど移動しないが、縦には速やかに移動するため、水の浸透を考えた垂直構造を作る必要がある。

ii. 暗渠と明渠

造成圃場では、立体構造が破壊されている場合が多いため、地下水位が高い場合や水の縦浸透を促進する暗渠排水施設を設置する。暗渠排水には深層暗渠と浅層暗渠があるが、土壌の種類や排水条件に合わせて、種類や深さを決める。傾



写真V-2 明渠排水の施行

斜地や水はけの悪い圃場では、エロージョンの防止や水の横移動を助けるため、明渠を設置する。深さや方向は土壌の種類、水はけの程度、傾斜の程度を勘案して決める。

iii. 畝や畦

気温、降水量、作物の種類、水はけの良否、栽培期間などに合わせて、高畝や平畝栽培を行う。傾斜地や水はけの悪い圃場では、エロージョンの防止や水の横移動を助けるため、畝や畦を利用する。畝の方向や高さは土壌の種類、水はけの程度、傾斜の程度を勘案して決める。

②土壌の診断

i. 圃場の来歴

聞き取り調査によって、本畑・造成畑の区別、水はけの良否、これまでに栽培されてきた作物の種類、収量、病害虫の発生状況、投入されてきた有機物の種類や量等々を明らかにする。ほとんどの場合、この聞き取り調査で十分な情報が得られ、その後の土づくりが可能となる。

ii. 土壌断面構造

土壌を 70 cm 前後掘り、土壌の断面構造を観察する。土壌断面には耕起方法、水の縦浸透、これまでの栽培歴、有機物の投入歴など、多くの情報が刻まれている。このため、聞き取り調査の結果を観察で確認することができる。



写真 V-3 土壌断面調査の実施

ii. 検土丈

検土丈は土壌の立体構造を調べるために活用

する。検土丈を地面に差し込んで土壌の硬さ分布を、次に、層別に土壌を採取して調べる。土壌断面調査に比べて多くの調査点数が可能であるため、圃場全体像を把握することができる。

iii. 化学的分析による土壌診断と活用方法

圃場は均一でなくバラついている。堆肥などを投入する場合、均一に散布すると生育に不揃いを生じる。このため、土壌診断は地力判断の目安や圃場の均一性を確保するために活用する。

iv. 草生の違いによる診断

草は土づくりの程度によって、痩せ地型草種から肥沃型草種へと遷移する。一般的には単子葉草種は痩せ地、双子葉草種は肥沃地に繁殖する。このため、繁殖する草種を同定することで地力が診断できる。

v. 指標植物による診断

ハウレンソウは酸性に弱く、アブラナ科葉菜類は吸肥力が強いなどの感受性の違いを利用し、適地を判断する。草生や指標植物による診断は植物を直接用いるため、化学的分析など他の方法に比べ、最も正確な診断技術となる。

③土づくりの材料と方法

i. 耕起方法

耕起方法には春耕起、秋耕起、不耕起がある。春耕起は温度の上昇に伴って分解型微生物が繁殖するため、有機物は分解され無機化が促進され、作物の栄養となる。ただし、無機化が促進された分だけ地力は低下する。秋耕起は温度の低下に伴って、発酵型微生物が繁殖するため、地力が増進される。

このため、地力が低い圃場では有機物を投入して秋に耕起する。不耕起は永年作物である果樹園や茶樹園などで活用されている方法であり、農作物の根によって土を耕す方法である。作物に適した地力になった場合には不耕起が最も良い方法といえる。

ii. 有機物の分解菌と活性化される土壌微生物

農地に投入される有機物の多くは炭素源であり、これらはリグニン、セルロース、キチン、タンニン、糖類とこれらを結合させるペクチンに分けられ

る。リグニンはいくつかのポリフェノール、セルロースはイナワラやムギワラ、キチンはカニガラや腐菌床、タンニンは落ち葉や枯れ草、糖類は収穫残渣や穀物、ペクチンは落ち葉、草、収穫残渣に多く含まれ、これらを分解できる微生物は有機物の種類によってほぼ決まっている。

リグニンは担子菌類、セルロースは子のう菌類、キチンは放線菌類、タンニン、糖類、ペクチンは細菌類によって主に分解される。易分解性の糖類、ペクチン、タンパクが分解される第1次分解(軟腐敗)、セルロースやキチンが分解される第2次分解(褐色腐敗)、難分解性のリグニンやタンニンが分解される第3次分解(白色腐敗)に分けられ、第1次分解が2~3週間、第2次分解が3週間~3カ月、第3次分解が3カ月~3年を要することが知られている。

iii. 窒素固定菌

窒素固定菌にはダイズ、インゲン、クローバー、クロタリヤなどのマメ科の根に共生する根粒菌、水稻の組織内や根面に共生するハーバースピリラムやアゾトバクター、ハンノキやヤマモモに菌根を作る放線菌の一種であるフランキュア、サツマイモやサトウキビの組織内に共生するアズスピリラム、木質を餌とするシロアリや甲虫類の腸内に共生する細菌類などが知られている。

窒素固定菌の多くは相利共生(互いに助けあう)であり、マメ科の根に共生する根粒菌はマメ科の細胞と共生器官を作りバクテロイドになり、空気中の窒素を植物が利用できる形に固定して植物に供給する。また、植物は炭酸ガスを同化した炭水化物を根粒菌に与えるなど、マメ科と根粒菌は共存・共栄の関係にある。

iv. 根圏微生物

植物は根から養分や水分を吸収するが、同じように老廃物もまた根から排泄する。排泄された老廃物は根の周囲に生息する微生物(根圏微生物)によって分解され、再び植物が利用できる形に変換される。このように、根圏微生物は生態系における物質循環の大きな役目を担っている。

細菌、放線菌、糸状菌などの微生物が根圏に

繁殖し、数の一番多いのが細菌類であり、植物の健全生育に大きな役割を担っている。植物の根から排泄される物質は微生物や小動物の餌となるが、逆に微生物や小動物の生育を抑える働きもある。植物の種類によって、根から排泄される物質は異なり、排泄物を分解して利用できる根圏微生物も植物の種類によって異なる。また、根圏微生物には片利共生と相利共生があるため、根圏微生物イコール善玉菌とは限らず、片利共生の土壌病原菌も根圏微生物の一種である。

v. リン溶解菌

日本の生態系(土壌及び水系)ではリン酸が活性化の制限因子となっている。このため、微生物を活性化するためにリン酸は重要である。火山灰土には活性アルミナが多量に含まれているため、施用されたリン酸肥料はアルミナと結合し、リン酸アルミナとなる。リン酸アルミナは不溶性物質であり、水に溶けないため、植物は根から吸収することができず、このときに役に立つのがリン溶解菌であり、植物の根と共栄器官を作る菌根菌が一般的に知られている。

菌根菌にはキノコのような外生菌根菌、ラン類に共生するラン菌、ツツジ・シャクナゲ類に共生するツツジ菌、VA菌根などの内生菌根菌(アブスキュラー菌根菌)がある。VA菌根菌は水生植物のイグサ、アブラナ科、アカザ科を除くほとんどの植物に菌根を形成し、アツギケカビ科のグロマス、ギガスポーラ、アカウロスポラ、スクレロシスティスの4属が知られている。菌根菌は一般微生物との競合や化学物質に弱いため、植物と共栄器官を作り、栄養の少ない炭を投入すると活性化されるが、逆に肥料や農薬が多投入された圃場では繁殖しにくい傾向にある。

vi. 土壌動物

土壌動物は植物の生育に大きな影響を与える。土壌動物とは土の中に生活する動物の総称であり、大型、中型、小型土壌動物に分けられる。数センチ以上の大型土壌動物にはモグラやネズミ類(哺乳類)、ヘビやトカゲ(爬虫類)、サンショウウオ(両性類)、カタツムリ類やナメクジ類(軟体動物)、

大型ミズ類や陸生ヒル類(環形動物)、ムカデ類やヤスデ類(節足動物)などがある。

数cm~1mmの中型動物にはトビムシ類、ササラダニ類、ムカデ、ヤスデ、エダヒゲムシ、クモ類、ワラジムシ、ダンゴムシ、センチュウ類、ヒメミズなどで、特にトビムシ類とササラダニ類の数が多し。1mm以下の小型動物にはワムシ、ケンミジンコ類、原生動物などが知られている。

自然生態系では生産された物が鳥や昆虫などによって、餌として消費される量は少なく、遺体となってから分解される量がほとんどであり、土壌動物は第一次分解の大きな役割を担っている。同じように農地生態系においても、土壌動物は収穫残渣や投入された有機物の重要な第1次分解者と考えられる。

2) 栽培方法による対策

農作物(植物)にはそれぞれ原産地があり、原産地では人の手が加えられない状態でも自然に繁殖することができる。植物がある特定の地域に繁殖できることには大きな意味がある。種子、葉、茎、根などの形状は、その植物がその土地に適応するために、発達・進化させたものである。

例えば、沖縄県の海岸に繁殖するマングローブ(ヒルギ科)の種子はロケット型であり、回転しながら、散布されて土に突き刺さる。こうすると、潮の満ち引きによって流されることなく繁殖することが可能となる。また、トマトは葉や茎などが細かい毛で覆われている。原産地のアンデスでは雨がほとんど降らないが、霧がよく発生する。このため、毛から水分を吸収するシステムが備わっている。日本でトマトの夏秋栽培を行う場合は雨よけ栽培とする。これは、梅雨のある日本では毛から水分を多量に吸収して過繁茂になってしまうため、それを防ぐ手段として考案された栽培方法である。

農業では原産地と異なった土壌、気候、生物生態条件で栽培されることが多く、このため、植物はその場所に生き残ろうとするための営み(適応)を開始する。適応できた植物は生き残るが、適応できなかった植物は生育不良や病害虫などが発生

し、やがて消滅する。

原産地の条件を無視しても栽培を可能にしたのは化学肥料と農薬である。また、地域適応性を早める方法として育種がある。しかし、現代の品種は化学肥料と農薬の使用を前提に育成されてきたため、地域適応性以上に化学肥料と農薬依存性の強い品種である。

植物は種子の大きさや形状、形成量や方法(単性、1鞘の種子数等)が異なる。また、葉では大きさや形、ワックスの有無、根では深根や浅根等々などそれぞれに特徴がある。サイズは1鞘に2~3粒、ダイコンは1鞘に3~5粒入っていることなどを知ることによって、播種方法やその後の管理が想定できる。種子は子孫を残すためにあるので、種子は原産地の自然生態系に適応して、過不足なく実らせる。登熟種子は散布されることが、種の存続上必要である。文明と共に生まれた農耕は、登熟種子が散布されずに、作物体に残る系統を選抜してきた。このため、農作物は野生に戻すと繁殖することができない。

<作物の種類と播種方法>

- 集団や条状播種を好む植物=タマネギ、長ネギ、サイズ、トウモロコシ、ニンジン、ダイコン、オクラ
- 点播や1粒播種を好む植物=カボチャ、スイカ、メロン、柿、桃、

<葉の形状と水分>

- 葉から水分を吸収する植物=トマト、メロン、オクラ
- 葉からの水分を嫌う植物=キャベツ、ブロッコリー、タマネギ、長ネギ、サトイモ、ピーマン

(1) 育苗

これまでの育苗は農薬や化学肥料を用いることを前提に開発された技術であるため、このまま有機栽培で用いると、生育遅延や栄養不足などの障害が発生することが多々ある。このため、無農薬、無化学肥料で育苗できる用土や温度管理などを開発する必要がある。

(2) 胚軸切断挿し木

健全な植物の組織内は無菌状態にあるといわれている。ところが、組織内に微生物が共生する植物がある。そうした例外的な植物が、シクラメンやサツマイモで、組織内には病原性を持たない微生物が共生する。

シクラメンは塊茎、葉柄、葉身、果梗、ガクのいずれにも微生物が共栄しているが、花は無菌であり、これから生じた種子も無菌である。しかし、無菌の種子から生育したシクラメンは微生物を組織内に共生する。発芽し、種子からの養分転流が終了すると、胚軸部から微生物を取り込み有菌状態になる。ところで、挿し木繁殖するカーネーション、キク、サツキなどは多種・多様な微生物が繁殖する土に挿し木される。また、果樹類は剪定によって、枝に大きな傷を受けるため、微生物の侵入が考えられる。しかし、いずれの植物も無菌状態である。すなわち、切り口に微生物を接種しても、病原菌を持たない微生物は植物組織内には侵入できないことを意味する。

伝承農法でウリ類の胚軸を切断し、これを挿し木して苗を育成する方法があり、育成されたメロンの苗には病原性を持たない微生物を組織内から分離することができる。

シクラメンが胚軸から微生物を取り込み有菌状態になる現象と、ウリ類で行われていた胚軸切断法を組み合わせた結果、病原性を持たない微生物を植物の組織内に定着させることが可能になった。すなわち、発芽し、本葉展開～本葉3枚の時期に胚軸を切断し、微生物を接種した後挿し木すると、組織内に微生物が定着する。

具体的には、双子葉野菜類を播種し、子葉が展

開し、本葉が1.5～3枚の時期に胚軸を切断する。次に、微生物を浮遊させた液に切り口を2時間浸漬して接種後、これを挿し木して苗を育成する。育成した植物は病害虫に抵抗性を示し、生育が促進される。

本技術は「胚軸切断挿し木法」といわれ、キュウリ、スイカ、マスクメロン、ユウガオ、メロン、プリンスメロン、カボチャ、シロウリ、マクワウリ、ニガウリ、ヘチマなどのウリ類、トマト、ナス、ピーマン、トウガラシ、シシトウなどのナス科野菜、キャベツ、ハクサイ、カブ、ブロッコリーなどアブラナ科野菜、ダイズ、アズキ、インゲンマメなどマメ科野菜、ホウレンソウ、ニンジン、レタス、オクラなどの野菜、ストック、デルフィニウムなどの花き類、ソバ、アイ、ベニバナなど多くの野菜類や花き類に応用可能である。

本葉展開～本葉3枚までの期間は、親からの従属栄養(種子)から自分自身で栄養を作り出す独立栄養への転換期間である。この時期に微生物を組織内に取り込むことができることは、動物が腸内細菌を定着させる時期と似ており、生命として共通する不思議な世界が感じられる。

<アブラナ科野菜類の具体的方法>

アブラナ科野菜の播種は1株を大きくするため、3cm間隔で1粒播きにする。子葉が展開し本葉が1.5～3枚の時期に胚軸を切断し、これをきれいな水で2時間水上げ後、移植用のポットの土に挿し木する。挿し木後は苗と土を密着させるため十分水を与えるが多湿は禁物で、やや萎れる程度に管理する。挿し木後5～7日で新芽が伸び始め、発根したことが確認できるので、発根したら一般の栽培方法に準じた管理を行う。なお、胚軸切断挿し木法は切断と発根のストレスがかかるので、通常よ

表 V—1 胚軸切断の時期と挿し木温度

野菜名の種類	胚軸切断時期	挿し木温度(℃)	主な野菜
アブラナ科	本葉2枚	18～23	ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー、カリフラワー
ナス科	本葉1.5枚	23～28	ナス、トマト、ピーマン、トウガラシ、シシトウ
ウリ類	本葉0.5枚	23～28	キュウリ、スイカ、メロン、カボチャ、ニガウリ
マメ科	本葉1.5枚	23～28	ダイズ、インゲンマメ

り5～7日生育が遅れる。しかし、根が更新されるため、その後の生育は自根(胚軸や根を切断しない苗)より良くなるので、やがて生育は自根と同等か、やや良くなる。

定植はかならず生育の揃った苗を植えつける。もし、生育の悪い株が混在していると、生育の強い株が弱い株を抑え、弱い株は枯れてしまうか、結球できなくなる。本法はハクサイ以外に、ブロッコリー、キャベツ、カリフラワーなどアブラナ科野菜全般に応用することができる(表V-1)。

(3) ヒートショック

植物は外界から様々なストレスを受けており、これに対応する自己防御機能を有している。外部から何らかの障害を受けると、障害に対応しようと様々な反応を示すが、その反応の一つに病害虫に対する抵抗性誘導がある。ヒートショック法は、そうした抵抗性誘導を利用したもので、外部からの熱の刺激で病害虫に対する抵抗性を持たせる。

科学的に解明された具体例を挙げる。ハウス栽培のトマトで夏季換気を忘れ、温室が異常な高温となり、瀕死の状態になったトマトがあったが、このトマトはその後病害に感染することはなかった。この現象から、仲下ら(2007年)はヒートショックを研究し、シロイズノズナとキュウリを用いた実験で、サリチル酸合成の誘導を経て、防御反応応答シグナルが活性化されることを明らかにした。

長崎県にはミカンの葉にビワの葉を重ね、ここにお灸をすると、そうか病に感染しないとの伝承農法がある。科学的には未解明であるが、前述のシロイズノズナ等で解明されつつある抵抗性の誘導と共通する部分があるため、メカニズムの解明が期待される。

(4) 踏み込み温床

栽培期間拡大のため、生育温度に満たない温度の低い時期に苗を育成する技術であり、電熱温床を有機物の分解によって発生する熱に変えた方法である。落ち葉や枯れ草に米糠を5%前後混和し、握って水気を感じる程度に水分を調整して、

足で踏みつけながら堆積する。この時、鎮圧が少ないと発酵しないので、強く踏み込み込む必要がある。堆積する高さは微生物が繁殖して熱を出すため30 cm以上必要であり、冷涼な地域では50 cm以上にする。踏み込み温床の周囲はワラなど通気性の良い資材で囲む。発酵の継続期間は周囲から入ってくる空気の量で調整可能である。最後に表面を5 cm前後の土で覆う。踏み込み後2週間前後で熱が発生するので、熱が発生したら利用する。この時、温床に直接、播種あるいは移植すると、発酵によって障害を生ずる恐れがあるので、根が直接温床に触れないように、播種した苗箱や移植したポットを用いる。

(5) 播種・定植

植物は種の繁栄のため、個体にとって最適な土壌や気候条件が整った時に発芽してその土地で繁殖する。化学肥料は地力窒素が有効化されていない低温期においても、播種や定植を可能にしてきた。

無肥料や有機質肥料を用いた栽培では気温や地温の影響を受けるため、作物ごとの適期を明らかにする必要がある。伝承農法では種山や白馬など雪解けと苗代作り、カッコウの初鳴きとダイズの播種など生物指標を用いて播種や定植時期を決めてきた。

また、株間や畝間も農薬と化学肥料があることを前提に開発された技術であるため、これをそのまま有機農法に適用すると、病害虫や生育障害の原因となる場合がある。

(6) 間作・混作

圃場を立体的に利用するためにアジアで作られた技術であり、「1斗の枘にはどれほど工夫しても、クルミは1斗しか入らない。しかし、クルミと粟を混合するとクルミ1斗と粟1升を入れることができる」との考え方である。単一作物の生産には限界があり、限界を越えて生産するには、同一圃場に2種類以上の作物を栽培すると可能になる。

浅根に深根、陽性作物に陰性作物、吸肥作物

に窒素固定作物などの組み合わせがあり、間作には大麦や小麦の間にラッカセイや陸稲を播種、あるいはユウガオやカボチャを移植する方法、サツマイモとダイコン、バレイショとサトイモ、ナスとインゲン、トウモロコシとダイズなどの間作が知られている。混作にはトウモロコシとアズキ、サツマイモとササゲ、トマトとニラ、メロンと長ネギ、キュウリとヤマイモ、ゴボウとホウレンソウなどを栽培する方法がある。間作、混作は主作物が単作と同等の収量を得られ、かつ副作物の収穫が得られることが原則となる。

(7) 草生栽培

草を雑草と考えずに、カバープランツや緑肥に利用するとの考え方で、放任栽培とは異なる。草生栽培では生育してきた草をそのまま残す方法と相性の良い草を残す方法がある。草や作物は自己を繁殖させるため、自身にとって都合のよい植物とは共栄し、都合の悪い植物は排除する。このため、選択しないで全ての草を残す場合と選択した草を残す場合もやがて、作物とその作物に選ばれた草だけが残る共栄関係である耕地生態系の極相(クライマックス)になる。草生栽培は原則として、連作の不耕起栽培圃場で行えるが、耕起や輪作をする場合でも草生栽培は可能である。

また、応用技術として冬に向かって夏草を繁殖させ、冬季に枯らす方法と、春に向かって冬草を繁殖させ、出穂させて枯らす方法がある。秋に冬野菜のコまつナやミズナにスベリヒユやアカザを繁殖させる方法、春にスズメノテッポウやスズメノカタビラを残し、出穂により草を管理する方法等がある。

(8) 連作（発病衰退現象）

通常連作をすると、老廃物質の集積や微生物相が単純化して連作障害が発生すると言われていた。連作を続けると、多くの場合3年目前後に連作障害が発生するが、連作障害が発生してもさらに連作を続けると、病害が減少し収量が増加する現象が現れる。ワシントン州立大学のクックやロー

ザムステッド農業試験場のホンビーらによって解明されたもので、これは発病衰退現象と定義されている。発病衰退現象には根圏微生物が関与するといわれ、小麦ではシュードモナス・フローレッセンスがこの役割を担っていることが解明され、その後多くの事例が研究されている。

日本でも各地に多くの事例があり、キャベツ、タマネギ、長ネギ、トマト、ナス、バレイショ、ニンジン、キュウリ、スイカ、イチゴなどの作物で10～30年間の連作が報告されている。しかし、連作を可能にしているメカニズムについてはほとんどが未解明のままである。

(9) 輪作

輪作はヨーロッパで、草地⇒放牧⇒ムギの3圃作として考えられた技術であり、1年目は草を作り、次の年草地に放牧し、家畜は草を食べ糞尿が土を肥やす。3年目に豊かになった土にムギを栽培する方法であり、肥料を与えなくとも作物栽培ができる技術である。

本来の輪作の考え方の基本は以下の通りである。

- ①窒素固定能力のあるラッカセイ、ダイズなどのマメ科の後作に、吸肥力の強いキャベツやホウレンソウなどの野菜を植える。
- ②キュウリ、メロンなどの浅根性野菜の後作に、深根性のゴボウ、ニンジンなどの野菜を入れる。
- ③トウモロコシ、ネギなど単子葉野菜の後作に、スイカ、トマトなど双子葉野菜を植える。マメ科作物で土を豊かにし次作で利用する。あるいは前作で利用できなかった養分を次作で利用する。

その後、米国でワタ栽培で連作より輪作で土壌病害の発生が少ないことが発見され、輪作が土壌病害防除に用いられるようになってきた。連作は土壌病害などの連作障害が発生するため、土壌病害対策として輪作が推奨されるようになった。

3) 病原菌への対策

(1) 拮抗微生物

病原菌を抑える働きのある微生物の総称であ

り、メカニズムから抗生、寄生、競合、抵抗性誘導の4つに分けられる。

①抗生

微生物はなんらかの抗菌物質を産生して病原菌を抑える。バークホーデリアが産生するピロールニトルリン、シュードモナスが産生するシデロフォア、バシラスが産生するバシラシンなどが知られている。

②寄生

微生物に寄生する微生物(菌寄生菌)のことで、多くの糸条菌に寄生するトリコデルマ、うどんこ病菌に寄生するアンペロマイセス、センチュウに寄生するパーティリウムなどが知られている。

③競合

病原菌と栄養や棲み処を競合する微生物のことで、シュードモナス属細菌など多くの根圏微生物

にその働きがある。

④抵抗性誘導

微生物の刺激によって植物が病害に対して抵抗性を誘導することで、エンドファイト、非病原性のフザリウムやエルウィニア、根圏微生物、菌根菌、内生菌などが知られている。拮抗微生物は生物農薬として、あるいは土壌改良剤に添加されて販売されている。

(2) 共栄作物(植物)

狭義の解釈では、互いに助け合って生育する植物の組み合わせで、広義の解釈では栽培する作物にとって都合の良い組み合わせのことで、コンパニオンプランツとも言う。自然生態系では、互いに助けあう関係で用いられ、白神山地で見られるブナとササの群落など、生態系の極相(クライ

表V-2 コンパニオンプランツと期待される効果

作物名	コンパニオンプランツ	期待される効果
1 イチゴ	ペチュニア	訪花昆虫が集まりイチゴの着果が良くなる
	ニンニク	病害が少なくなる
2 エダマメ	トウモロコシ	相互に生育を促進する
3 インゲン	ルッコラ	生育を促進する
4 ウメ	リュウノヒゲ	根の乾燥を防ぐ・落果を防ぐ
5 カキ	ミウガ	生育を促進する・落果を防ぐ
6 カブ(ラデッシュ)	チャービル	生育を促進する
7 カボチャ	野性エンバク	うどんこ病を防ぐ
	長ネギ	土壌病害を防ぐ
	スズメノテッポウ	グリーンマルチ
8 キャベツ	レタス	モンシロチョウ、コナガ、ヨトウムシを忌避する
	ハコベ	生育を促進する
	シロツメクサ	窒素を固定し生育を促進する
春キャベツ	ソラマメ	アブラムシを防ぐ
9 キュウリ	長ネギ	土壌病害を防ぐ・生育を促進する
	野性エンバク	うどんこ病を防ぐ
	チャービル	害虫を防ぐ
10 コマツナ	アカザ・シロザ	冬の雑草を防ぐ
11 ゴボウ	ラッキョウ	生育を促進する
12 ゴーヤ	ヤンバルハコベ	生育を促進する・害虫を防ぐ
	長ネギ	土壌病害を防ぐ
13 サツマイモ	ダイズ	生育を促進する
	ササゲ	生育を促進する

表V-2 コンパニオンプランツと期待される効果(続き)

作物名	コンパニオンプランツ	期待される効果
14 ショウガ	サトイモ	生育を促進する
15 シソ	赤シソと青シソ	それぞれの害虫を防ぐ
16 シュンギク	アブラナ科野菜類	害虫を防ぐ
17 スイカ	トウモロコシ	害虫を防ぐ
	長ネギ	土壌病害を防ぐ・生育を促進する
	ムギ	グリーンマルチ
18 ダイコン	ハコベ	生育を促進する
	マリーゴールド	センチュウを防ぐ
19 タマネギ	クレムソンクローバー	スリップスを防ぐ
20 チンゲンサイ	シュンギク	害虫を忌避する
21 トマト	ニラ	土壌病害を防ぐ
	ラッカセイ	窒素を固定し生育を促進する
22 ナス	パセリ	それぞれの害虫を忌避する
	ニラ	土壌病害を防ぐ
	ラッカセイ	窒素を固定し生育を促進する
	ショウガ	生育を促進する
23 ニラ	アカザ	生育を促進する
24 ニンジン	エダマメ	窒素を固定し生育を促進する・糖度が上がる
25 ネギ	ハウレンソウ	品質が向上する
26 ハクサイ	キンレイカ	害虫を防ぐ
	レタス	モンシロチョウ、コナガ、ヨトウムシ忌避する
27 パセリ	ナス	遮光され、品質が向上する
28 バレイシヨ	ギンギン	害虫を防ぐ
29 ピーマン	インゲン	生育を促進する
30 ブドウ	オオバコ	土壌病害を防ぐ
	カタバミ	天敵を育てる
31 ブルーベリー	ミント	乾燥を防ぐ・害虫を忌避する
32 ブロッコリー	サルビア	害虫を忌避する
	レタス	害虫を忌避する
33 ハウレンソウ	葉ネギ	硝酸濃度が低下し品質が向上する
34 ミョウガ	ローズマリー	生育を促進する
35 メロン	チャイブ	生育を促進する
	スズメノテッポウ	グリーンマルチ
	長ネギ	土壌病害を防ぐ・生育を促進する
36 ミカン(ユズ)	ナギナタガヤ	土壌病害を防ぐ・糖度が上がる
	ヘアリーベッチ	窒素を固定し生育を促進する
	カタバミ	天敵を育てる
37 ミズナ	スベリヒユ	冬の雑草を抑える
38 ラデッシュ	バジル	害虫を防ぐ
39 レタス	アブラナ科野菜類	害虫を防ぐ

マックス)として知られている。農業では広義に解釈し、互いに助け合わなくとも、病害虫の防除などに用いられる場合も共栄作物として扱われている(表V-2)。

伝承農法では共栄作物の事例が数多くみられるが、農薬や化学肥料の普及とともに活用される機会が少なくなってきた。ユウガオ、キュウリ、スイカなどのウリ類と長ネギ、ウメとリュウノヒゲ、カキとミョウガ、キャベツとハコベ、トウモロコシとハッシュウマメなどはお互いに生育促進と病害虫の回避に役立っている関係がある。トマトとニラ、イチゴとネギ、野菜類とハーブ、柑橘類とナギナタガヤなどは互いに助け合う関係ではなく、トマト、イチゴ、野菜、柑橘類の病害虫防除に用いられる関係である。

一方、共栄作物とは反対に、一緒に植えることにより問題が生ずる作物(植物)もあるので留意する必要がある(表V-3)。

(3) おとり作物

おとり作物とは病原菌の寄生性はあるが、密度を増加させない作物のことであり、おとり作物が栽培されると病原菌は孢子などを発芽させて植物に侵入する。しかし、宿主で増殖できないか、あるいは子孫を残せないため密度は低下する。

アブラナ科野菜類に発生する根こぶ病は大きな被害を与えるため、重要な土壌病害として知られている。根こぶ病菌は雑草を含め、すべてのアブ

ラナ科植物の生きた組織に寄生性があり、他の植物や、例えばアブラナ科でも死んだ組織には寄生性がない完全寄生菌であるため、アブラナ科がない時は休眠し、アブラナ科があると休眠から覚め寄生する。ところが、寄生しても増殖できず密度を低下させる野菜がある。

根こぶ病菌で汚染された圃場にダイコンを播種すると、根こぶ病菌の休眠孢子は休眠から覚め、発芽してダイコンに寄生する。しかし、皮目から生じた根にのみ寄生するため増殖できず、宿主植物にもかかわらず、結果的に防除効果を発揮する。

(4) バンカープランツ

一般的には天敵とその餌である虫が繁殖している植物を意味するが、病害虫防除においても拮抗菌を温存あるいは繁殖させる植物がバンカープランツとして扱われる。

バンカープランツには次の4条件が必要になる。

- ①病原菌の寄生植物として共通しない。
- ②栽培作物と栄養や光などが競合しない。
- ③栽培作物に影響を与える他感物質を産生しない。
- ④土着して雑草化しない。

うどんこ病はほとんどの植物に発生する。この、うどんこ病菌に寄生し、うどんこ病菌を病気にする菌寄生菌のアンペロマイセスが知られている。アン

表V-3 一緒に植えるのを避けたい組み合わせ

作物名	避ける植物名	現れる障害
1 イチゴ	ニラ	生育が悪くなる
2 キュウリ	インゲン	センチュウが多くなる
3 スイカ	インゲン	センチュウが多くなる
4 ダイコン	長ネギ	根が曲がり、生育が悪くなる
5 トマト	バレイショ	生育が悪くなる
6 ナス	トウモロコシ	生育が悪くなる
7 ニンジン	インゲン	センチュウが多くなる
8 バレイショ	トマト、キャベツ	生育が悪くなる
9 メロン	インゲン	センチュウが多くなる
10 レタス	ニラ	生育が悪くなる
11 野菜全般	ローズマリー・ラベンダー・ベリー類	生育が悪くなる

ペロマイセス菌は *Brasilomyces*, *Erysiphe*, *Leveillula*, *Micospharera*, *Phyllactinia*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca*, *Uncinula*, *Oidium*, *Oidiopsis* などほとんどの、うどんこ病菌に寄生して、うどんこ病菌を死滅させる。

うどんこ病菌は宿主特異性が強く、たとえ同じ野菜でも品種が変わると、感染することができない。そこで、クローバーやオオバコなどの草にうどんこ病を発生させ、これにアンペロマイセス菌を寄生させて、野菜類のうどんこ病のバンカープランツとして利用する。



写真 V-4 うどんこ病菌の菌糸内部(上)及び生柄内部(下)に認められるアンペロマイセス菌

(5) 自然農薬

自然農薬とは化学的に合成された農薬ではなく、植物や食品が本来持っている機能を活用し、病害虫を防除する資材の総称である。試験データがほとんどないことや農薬登録がないため効果が判然としないか、またはきわめて不安定である。

食品からは牛乳、酢、焼酎、納豆など、植物からはトウガラシ、ニンニクなど、混合品として酢や焼酎に漬けたトウガラシやニンニク液などが用いられ

る。牛乳、トウガラシ、ニンニクは害虫の忌避剤として、酢や焼酎は病害の防除のために散布される(酢については、有機 JAS 規格「別表2」の許容農薬となっているが、その他の資材は有機 JAS 農薬としては認められていないので注意のこと。詳しくは巻末参考資料「有機農業で使用可能な資材等」の3を参照のこと)。

また、善玉の葉面微生物を増殖して葉の病害を予防する方法として、黒砂糖、廃糖蜜を散布する方法や、次の例示のような種類の異なる野菜の磨砕液を散布して害虫を忌避する方法などがある。[例示:ニンジンの害虫であるアゲハチョウの産卵を抑えるため、キャベツの磨砕液を散布、逆にキャベツの害虫であるモンシロチョウの産卵を抑えるため、ニンジンの磨砕液を散布する方法などがある。]

(6) 生物農薬

生物農薬とは微生物を用いた農薬のことであり、現在、殺虫剤が11種、殺菌剤が9種、抗ウイルス剤が1種、除草剤が1種の計22種が市販されている(表 V-4)。多くの試験例があるため、化学合成農薬にはおよばないものの、安定した効果が期待できる。

表 V-4 登録微生物農薬一覧

対象病虫害名	微生物種
殺虫	<i>Bacillus thuringiensis</i>
殺菌	<i>Bacillus subtilis</i>
殺菌	<i>Talaromyces flavus</i>
殺菌	<i>Trichoderma atroviride</i>
殺菌	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
殺虫	<i>Verticillium levanii</i>
殺虫	<i>Beauveria bassiana</i>
殺菌	<i>Agrobacterium radiobacter</i>
殺菌	<i>Erwinia carotovora</i>
殺菌	<i>Bacillus simplex</i>
殺菌	<i>Pseudomonas spp.</i>
殺菌	<i>Fusarium oxysporum</i>
殺虫	<i>Monacrosporium phymatophagum</i>

殺虫	<i>Steinernema carpocapsae</i>
殺虫	<i>Beauveria brongniartii</i>
殺虫	<i>Pasteuria penetrans</i>
殺虫	<i>Sternema glaseri</i>
殺虫	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
殺虫	<i>Homona magma</i>
殺虫	SINPV
除草	<i>Xanthomonas campestris</i>
抗ウイルス	<i>Zucchini mosaic virus</i>

(7) 接木栽培

接木とは、2つ以上の作物の茎などを人為的に切断し、切断面で接着してひとつの植物として育てる方法である。下部の植物を台木、上部の植物を穂木という。接木栽培は、野菜としては品質が悪く商品価値がないものの、病害虫に抵抗性を示す品種を台木にして、病害虫には弱い、品質が高く商品価値のある品種を穂木として接木する方法である。

スイカ、メロン、キュウリなどのウリ類、トマト、ナス、ピーマンなどのナス科で土壌病害対策として用いられている(表V-5)。台木は病害虫に対して抵抗性であるため、安定した防除効果が期待できる。また、低温期の生育促進(キュウリの黒種カボチャ台木)、樹勢の増強(キュウリのニガウリ台木)、品質向上(キュウリのブルームレス台木)などにも用いられる。

表V-5 接木栽培で防除される病害虫

野菜名	主な台木	防除される病害虫
スイカ	ユウガオ	つる割病、センチュウ類
メロン	カボチャ	つる割病、センチュウ類
キュウリ	カボチャ	つる割病、センチュウ類
ナス	野生ナス	青枯病、半枯病、センチュウ類
トマト	野生トマト	萎ちよう病、半身萎ちよう病、センチュウ類
ピーマン	野生ピーマン	疫病、青枯病

(8) コーヒー粕とソバガラ粕堆肥、米糠を用いたセンチュウ防除

コーヒー粕やソバガラは食品廃棄物として大量に排出され、これらの有機物は資源の有効活用や環境保全の観点から堆肥化が推進されている。コーヒー粕とソバガラ粕堆肥を施用した圃場では、センチュウ類の被害が減少することが数多く報告されている。メカニズムについては解明されていないが、研究機関でその効果が実証されている。

また、米糠も精米時に大量に排出され、有機質肥料として利用されている。生の米糠を施用した圃場ではセンチュウ類の被害が少ないと云われていた。そのメカニズムが最近、以下のように明らかにされた。

<米糠施用によるセンチュウ類の被害軽減例>

米糠が施用されると、これを分解する乳酸菌が繁殖する。自活型センチュウ(有機物を餌とし、植物に寄生しない)は好んで乳酸菌を餌とするため、急激に増殖する。自活型センチュウは増殖に伴って、尿酸などの老廃物を排泄する。尿酸はアンモニアに変化するが、自活型センチュウはアンモニアに100ppmまで耐性がある。ところが、寄生性のセンチュウは10ppmまでしか耐性がない。

このため、米糠が分解される時に発生するアンモニアと、自活型センチュウが排泄するアンモニアによって、植物寄生性のセンチュウが防除される(2001年、諸見里ら)。アンモニアの多い有機物を餌とする自活型センチュウ、アンモニアに弱い植物に寄生するセンチュウは、それぞれ進化に伴って獲得したものである。

(9) 有機物での土壌病害防除

有機物は土壌中で微生物が産生する酵素によって分解される。炭素源を分解する酵素にはキチナーゼ、セルラーゼ、リグナーゼ、タンターゼ、グルコシターゼなどがある。キチナーゼは放線菌、セルラーゼはトリコデルマ菌が主に産生する。これらは、以下のようなメカニズムで土壌病害を防除できる。

<有機物での土壤病害防除例>

- ①「萎ちよう病の病原菌 フザリウム菌」や「立枯病の病原菌 リゾクトニア菌」の細胞膜はキチンによって作られている。キチンに富むカニガラや廃菌床が土壤中に施用されると、これを分解するため放線菌がキチナーゼを産生する。キチナーゼはカニガラなどに含まれるキチンを分解するが、同様に細胞膜が同じキチンで作られている萎ちよう病菌や立枯病菌にも働き、これを分解する。このため、キチンを細胞膜を持った土壤病害を防除できる。また、放線菌は多くの抗生物質を産生し、病原菌を抑える働きもある。
- ②「疫病の病原菌 ファイトフィトラ菌」や「根腐病の病原菌 ピシウム菌」の細胞膜はセルロースで作られている。セルロースに富むイナワラやムギワラが土壤中に施用されると、これを分解するため、トリコデルマ菌がセルラーゼを産生する。セルラーゼはイナワラに含まれるセルロースを分解するが、同様に細胞膜が同じセルロースで作られている疫病菌や根腐病菌の細胞膜にも働き、これを分解する。このため、セルロースを細胞膜を持った土壤病害を防除することができる。また、トリコデルマ菌はグリオトキシンを産生し、病原菌を抑える働きもある。

(10) コーラルでアブラナ科の根こぶ病防除

根こぶ病は、キャベツなどアブラナ科野菜類に発生する深刻な土壤病害である。根こぶ病の胞子が土壤内に休眠している時、アブラナ科植物が生育すると、発芽し遊走子が根に感染する。感染には水とpH7.2 以下の条件が必要である。根こぶ病は世界中で発生するが、根こぶ病の発生が認められない例外的な地域であるマイクロネシア、カリブ海の島々、日本の沖縄県の共通点はサンゴが隆起した島々であることから、根こぶ病とサンゴとの関係が研究され、サンゴ化石を施用した圃場では根こぶ病が発生しないことが明らかとなった。

<コーラルでのアブラナ科の根こぶ病防除例>

根こぶ病菌(プラスモデフォーラ)の休眠胞子はマイナスに帯電し、サンゴ化石はプラスに帯電し

ている。このため、サンゴ化石が圃場に施用されると、根こぶ病の休眠胞子はサンゴ化石の表面に電気的に吸着され、発芽することができず、防除効果が発揮される。また、サンゴ化石はpH9以上と高アルカリ性であり、根こぶ病感染はpH7.2以下の条件から、アルカリも感染しにくい理由と考えられる。

4) 品種選択による対策

品種による病虫害対策として、抵抗性品種や抵抗性台木の利用、栽培する土地にあった自家採種などがある。

抵抗性品種は宿主範囲の狭いフザリウム病やうどんこ病などで育成されている。病気を発生させる病原菌の病原遺伝子と植物の抵抗性遺伝子の関係にあるため、抵抗性品種はまったく病虫害に感染しない。しかし、病原菌のレース分化(抵抗性品種に感染できる遺伝子の獲得)によって、抵抗性品種が罹病性になることがあるため、次々と新しい品種の開発が必要となり、これは医学の抗生物質の開発と同じである。

耐病性品種は宿主範囲の広いリゾクトニア病や炭そ病などで育成される。遺伝子対遺伝子の関係ではないため、耐病性は病原菌が感染できる品種である。しかし、表皮の厚さ、ワックスの有無、根域など種々の形質が組み合わされて、耐病性が発揮されるため、抵抗性品種と異なり、耐病性品種の耐病性が失われることはほとんどない。

種子は通常種苗会社や公共団体などによって育種・供給されるが、採種場所と栽培場所が異なるため、土壤や気候条件に適合しない場合がある。その点、自家採種は同じ土壤や気候条件で採種と栽培が行えるため、より栽培場所に適応しやすくなるものと考えられる。

植物は同じ株の花粉でも授粉できる自殖性、他の株の花粉が必要な他殖性、受粉を必要としない単為生殖に分けられる(表V-6)。自殖性の作物としてはトマト、ナス、ピーマン、ダイズなど、他殖性の作物としてはキャベツ、ダイコン、ニンジン、ネギなど、単為生殖としてはニラがある。自殖性の作物は1株でも採種することが可能であるが、他殖性

表 V-6 他殖性と自殖性の野菜区分

他殖・自殖の区別	野菜の種類
他殖性野菜	キャベツ、ハクサイ、ブロッコリー、ホウレンソウ、ソバ、ダイコン、カブ、コマツナ、山東菜
自殖性野菜	ダイズ、ナス、ピーマン、トマト、ソラマメ、ナタネ
交雑を好む野菜	トウモロコシ、カボチャ、スイカ、キュウリ

表 V-7 アブラナ科野菜の交雑関係

野菜名	交雑しやすいアブラナ科野菜
カブ	ハクサイ、タイサイ、コマツナ、山東菜、キョウナ
ハクサイ	コマツナ、山東菜、カブ
コマツナ	山東菜、ハクサイ、タイサイ、カブ、キョウナ
カラシナ	タカナ
キョウナ	カブ、コマツナ、山東菜、カラシナ

表 V-8 種子の発芽能力

授粉後の日数	野菜名
15～20	レタス
35～40	メロン、インゲンマメ、ゴボウ
40～50	キュウリ、スイカ、ニンジン
50～55	カボチャ
55～60	ナス、トマト、ピーマン、ハクサイ、ダイコン、キャベツ

の作物は系統の異なる花粉が必要なため集団で採種する必要がある。また、交雑しやすいため隔離するか、あるいは媒介昆虫を飛来させないためネットなどで覆うことが必要である。

種採りと育種はまったく異なる。種採りは同じ形質の種子を得るために行われるため、形質の異なった株は取り除く。また、交雑しやすい野菜類(表 V-7)から隔離して栽培する。逆に、育種は新たな形質を得るために行うので、形質の異なった株が現れた場合はこれを残して種を採る。また、積極的に形質の異なった品種と交雑して新しい形質を持った品種の作出をねらうことになる。

種採りは種子が充実してから採取することになる。野菜の種類によって、開花から完熟までの期間が異なるが、表 V-8 は主な野菜の開花から完熟までの期間を示したものである。

3. 有機栽培における害虫対策

1) 慣行栽培との違い

慣行栽培では播種時あるいは定植時に粒剤を処理することで、生育初期のアブラムシ類やアザミウマ類、ハムシ類及びびチョウ目害虫を予防している。粒剤の処理は、例えば定植苗にアブラムシ類が寄生していても、定植後の一定期間、その効果が現れ、また土着天敵にはほとんど影響がないことから、その後の散布農薬の組み立て方によっては、害虫のリサージェンス(農薬の施用による天敵生物の減少によって、かえって害虫が増えてしまうこと)を防ぎ、農薬低減に貢献することもできる。しかし有機栽培では、粒剤と同様の働きをする代替技術は用意されていないため、主因(害虫)、素因(農作物の体質)、誘因(栽培環境)を改善させ

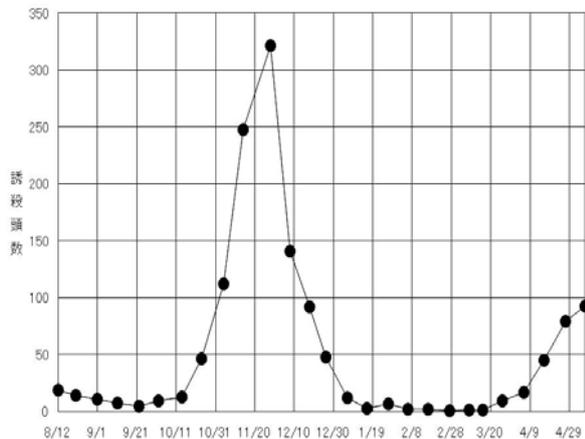
る対策を講じることによって虫害を低減させる必要がある。

2) 害虫防除対策の概要と考え方

(1) 雑草管理

育苗ハウスや本圃の周辺雑草は、害虫の発生源となっている。問題となる害虫と発生源となる雑草との関係、作付地付近の生息状況を把握し、雑草の除去や防草シートを敷設するなどして、発生源をなくすことが大切である。

黄色粘着板を野外に設置して飛来するアブラムシ類の消長を調べたところ、図V-1のように11月下旬がアブラムシ類の移動のピークとなっていた。



図V-1 有翅アブラムシの発消長
(2008~2009)
(提供 畠山 修一 氏)



写真V-5 オオイヌノフグリの葉裏に生息するアブラムシ
(写真提供 畠山修一氏、以下写真V-42まで同じ)

したがって、春作の育苗前となる厳寒期にはすでに、野外の雑草に多くのアブラムシ類が寄生している可能性が高い。実際に埼玉県で2月上旬に雑草の葉裏を観察したところ、写真V-5のようにアブラムシ類がすでに繁殖を開始していた。

写真V-6はノゲシに寄生した台湾ヒゲナガアブラムシである。レタスに寄生することで知られるアブラムシであるが、圃場周辺の雑草が発生源となっていることを良く示している。

ツクサやジャガガイモの花にはヒラズハナアザミウマなどのアザミウマ類が生息している。



写真V-6 ノゲシに寄生した台湾ヒゲナガアブラムシ

(2) 防虫ネット

発生源となる雑草を取り除いたうえで、さらに行いたいのは、防虫ネットによる害虫の侵入阻止である。

写真V-7のように育苗ハウス内で寄生したアブラムシ類は、定植後、圃場で(あるいはトンネル内で)繁殖し、初期生育を著しく抑制して減収を招くことになる。

このような害虫寄生を回避するために、前述した圃場周辺の雑草管理とともに、防虫ネットの設置を

是非とも行いたい。

防虫ネットは様々な目合いのものが市販されている。チョウ目害虫が対象ならば目合いの粗いものでもよいが、アブラムシ類やアザミウマ類などの微小昆虫を対象とするならば、0.4 mm目合いのものを使用するとよい。



写真V-7 育苗ハウス内で寄生したアブラムシ類



写真V-8 モンシロチョウの卵

(3) 天敵利用

有機栽培では慣行栽培に比べて、圃場内の土着天敵の種類が豊富である。しかし、害虫の被害を抑制できるような密度バランスは必ずしも得られていない。

特に、少量多品目生産になりがちな有機栽培では、1つの品目の作付面積が小さいため、例えば写真V-8のようにモンシロチョウの株当たり産卵数が極端に多くなる場合がある。捕食性天敵として活躍が待たれる徘徊性のクモ類や寄生蜂など

が保護されていても、害虫密度の方が多いため、被害を食い止めるには至らない。

有機栽培での天敵利用は、2つの場面が考えられる。

1つは育苗期のハウス内での利用、もう1つは、本圃でBT剤のような有機栽培でも利用可能な農薬と組み合わせて、土着天敵の活動を生かせるよう密度コントロールを積極的に行う方法である。

育苗ハウス内での利用は、特に春作の苗を育成しているハウスに、野外に生息しているナナホシテントウを採取してきて積極的に放飼する方法である。その際、オオムギとムギクビレアブラムシを利用してバンカー(後述)を作っておくと、ナナホシテントウの繁殖に役立てることができる。

市販の寄生蜂を利用する方法もあるが、寄主範囲が限られることと、二次寄生蜂によって個体群を維持できなくなるので、必ずしも安定した効果は得られない。

埼玉県では、ナナホシテントウは2月上旬ともなれば、天気の良い日に土手草の中で容易に見つけることができる(写真V-9)。



写真V-9 土手草を徘徊するナナホシテントウ

BT剤との組み合わせで生かす土着天敵の代表は、コモリグモ科やカニグモ科などの徘徊性クモ類(写真V-10)である。

アブラナ科野菜の難防除害虫とされているコナガも、有機栽培ではあまり問題ならない。慣行栽培では、化学合成農薬である有機リン剤やカーバ

メート剤あるいは合成ピレスロイド剤の使用により徘徊性のクモ類が排除され、コナガだけが生き残って大繁殖し被害が甚大になることがある。逆に、天敵に影響の少ない農薬でアオムシなどのチョウ目害虫を防除すると、徘徊性のクモ類によってコナガは捕食され、ほとんど被害が出なくなる。



写真V-10 ブロccoliの株上を徘徊するハナグモ

実際に有機の露地栽培の圃場では、コナガの被害はほとんど認められず、アオムシやハスモンヨトウなどによって被害を受けていることが多い。BT剤(後述)のような使用可能な農薬を組み合わせることで、土着天敵の働きをうまく引き出すことが可能になる。

(4) フェロモン剤

フェロモン剤は、チョウ目害虫の雌成虫が発する性フェロモンに雄成虫が誘引される性質を利用して開発された剤であり、大量誘殺法と交信攪乱法の2つがある。前者はトラップに雄成虫を誘殺することで雌成虫との交尾阻害を図るものであるが、トラップを設置した地域の99%以上の雄成虫を誘殺する必要があり、防除効果は低い。

後者の交信攪乱法は、高濃度の性フェロモンを圃場に煙幕のように張り巡らし、本物の雌成虫の居場所をわからなくするもので、防除効果は高く、果樹ではかなり普及している。しかし、野菜の露地栽培では広い設置面積を確保する必要があり、団地的な栽培条件を用意しづらい環境では効果が

得にくい。

一方、交信攪乱法は、閉鎖系が作れるハウス内では小面積でも効果が高く実用性がある。有機栽培でも施設での栽培環境で表V-9にあるような害虫対策には積極的な導入を試みてもよい。

現在、市販されている交信攪乱法に使用するフェロモン剤のうち、野菜栽培で登録のあるものは、ヨトウコンH(写真V-11)、ヨトウコンS、コナガコン、コナガコンプラス、コンフューザーVの5種類である(表V-9)。



写真V-11 抑制キュウリのハウスに設置したヨトウコンH

(5) 黄(緑)色蛍光灯

害虫の侵入阻止のために防虫ネットを張りながら、ハスモンヨトウの被害を受けることもある。

写真V-12は防虫ネットに産卵されたハスモンヨトウの卵塊である。孵化した幼虫は容易にネットをすり抜けて植物体にたどり着くことができる。このような被害を回避するには、ハスモンヨトウの成虫を圃場に近づけないようにする以外にない。

黄色蛍光灯や緑色蛍光灯の活用は、ハスモンヨトウやオオタバコガのようなヤガ類の害虫を作物から守る方法として有効である。

その原理は、黄色や緑色の波長域に対してヤガ類が暗黒状態を感じることから、作物をこの波長の光で2ルックス以上の照度に包囲し、その中の害虫の交尾や産卵行動を阻止しようというものである。当初は黄色の波長のものが市販されたが、花芽分化への影響から使用できない作物もあるた

表V-9 各種フェロモン剤(交信攪乱剤)の対象害虫

フェロモン剤	対象害虫						
	コナガ	オオタバコガ	ヨトウガ	ハスモン ヨトウ	シロイチモジ ヨトウ	タマナギン ウワバ	イラクサギン ウワバ
ヨトウコンH				○			
ヨトウコンS					○		
コナガコン	○	○*					
コナガコン-プラス	○	○	○				
コンフューザーV	○	○	○	○	○	○	○

*露地でのみ登録あり

め、より影響の少ない緑色の波長が使用されるようになってきた。



写真V-12 防虫ネットに産卵されたハスモンヨトウの卵塊

あくまで、作物を2ルックス以上の光で包囲することが前提なので、作物の生長とともに陰ができて、照度が維持できない場所ができると、そこに害虫が侵入する恐れもある。しかし施設栽培や育苗ハウスの天窓などに設置することで、内部への侵入阻止が期待できる。

(6) 反射マルチ

光を利用した2つ目の害虫管理手法は反射マルチの利用である。これは昼間、飛翔する昆虫に対し、その飛翔行動を攪乱する効果がある。有効

な対象害虫はアブラムシ類、コナジラミ類、アザミウマ類、ハムシ類である。雑草抑制とあわせて畝間やハウス周辺に敷設することで、害虫の飛来や侵入を抑制することが期待できる。

(7) 紫外線除去フィルム

光のコントロールによる害虫管理手法の3つ目として紫外線除去フィルムを取り上げる。これは近紫外線域をカットすることで昆虫にとっての暗黒条件を作り出し、侵入阻止を図ろうとするものであり、特にアザミウマ類やハモグリバエ類に対し効果が高い。また灰色かび病菌の増殖抑制効果も期待できるため、ミツバチによる交配を伴わない施設園芸作物や育苗ハウスでの利用は有効な手段である。

(8) 作付体系

収穫時期が異なり、かつ害虫が共通する作物が隣接して作付けされた場合、先に収穫を終える作物から害虫が移動してきて、あとから生育してきた作物に被害を及ぼすことがある。

写真V-13 及びV-14 は大豆畑から定植直後のイチゴハウスに大移動を始めたハスモンヨトウの幼虫の様子である。これ以外にも、収穫直前のヤマトイモから結球始期のハクサイに、またアブラナ科雑草が優占種となっていた遊休農地から秋冬ネギにハスモンヨトウの幼虫が移動して被害を



写真V-13 大豆畑からイチゴのハウスに移動するハスモンヨトウ



写真V-14 大豆畑からイチゴのハウスに移動するハスモンヨトウのアップ

及ぼした例もある。

結球期にオオタバコガの大被害で困っているという高原レタスの産地の例では、写真V-15 のように隣接するスイートコーンの圃場でオオタバコガが大発生していた。

少量多品目生産になりがちな有機栽培では、圃場の作付体系そのものが、害虫の発生源となってしまうこともありうるため、隣接する作物や前作での害虫の発生状況に十分留意し、残さの処理を徹底することも重要である。

また一方で、害虫に対する忌避性が期待できる作物もある。ネギ、ニラ、らっきょうなどを風上に植えておくと風下の作物にハムシ類の飛来が少なく



写真V-15 スイートコーンの雄穂に寄生したオオタバコガの幼虫

なることもある。必ずしも被害抑制につながるものではないが、密度を低くする効果は期待できる。

(9) 太陽熱による土壌消毒

リゾクトニア、バーチシリウム、フザリウム、ピシウムなどの病原菌によって引き起こされる土壌病害を対象に行われる太陽熱を利用した土壌消毒は、ネコブセンチュウやネグサレセンチュウにも効果がある。また、雑草の種子を殺す効果も期待でき、害虫の発生源をなくす意味でも取り組みたい技術である。

具体的には、梅雨明けの7月中下旬から8月下旬の約1カ月間を利用して、畑を30~40 cmの深さに耕耘し、その後、高さ30cm、幅60~70 cmの小畦を立て、土の表面をビニールで完全に被覆し、畦間に水を張る。あとは太陽光により地温の上昇を図る。45~50℃の地温を20日以上確保すれば、ほとんどの土壌病原菌、センチュウ類は死滅する。小畦を立てるのは土壌の表面積を広く確保して、太陽熱をより多く取り込むためである。但し、自然の太陽光を利用するため、曇雨天が続いたり冷夏となって晴天日数が確保されないと効果は得られにくい。

表V-10 BT剤のタンパク毒素と対象害虫

対象害虫	タンパク毒素				
	IAa	IAb	IAC	IC	ID
コナガ	○	○	◎	○	×
アオムシ			◎	×	
ハスモンヨトウ	△	△	△	○	×
シロイチモジヨトウ	△	△	×	◎	○
ヨトウガ	○	○	×	◎	×
イラクサギンウワバ	○	○	○	○	○
タマナギンウワバ			○	△	
オオタバコガ	○	○	◎	×	
アワノメイガ	○	◎	○		
チャノコカクモンハマキ	○	○	○	×	
タバコスズメガ	○	○	○	○	○
ヒメシロモンドクガ	○	○	△	○	△
オビカレハ	○	○	○	○	○
マイマイガ	○	○	△	△	○

◎活性が非常に高い○活性が高い△活性を示す×活性が低い

表V-11 市販されているBT剤に含有されるタンパク毒素

BT剤名	含有されるタンパク毒素					系統
	IAa	IAb	IAC	IC	ID	
ツービットDF	○	○	○	○	○	ク+ア
エスマルクDF	○	○	○			ク
デルフィン顆粒水和剤	○	○	○			ク
チェーンアップ顆粒水和剤	○	○	○			ク
フローバックDF	○	○		○	○	ア
クオークフロアブル	○	○		○	○	ア
ゼンターリ顆粒水和剤	○	○		○	○	ア
トアローフロアブルCT	○	○	○			ク
ガードジェット水和剤			○			ク
レピタームフロアブル				○		ア

ク:クルスターキ系統 ア:アイザワイ系統

○:タンパク毒素の含有を示す

3) BT剤の種類と活用

BT剤は土壤中に生息する細菌の一種 *Bacillus thuringiensis* (以下、BT菌)が産生するタンパク毒素が、チョウ目害虫の腸を破壊することで殺虫効果を発揮する。このBT菌は複数のタンパク毒素を産生し、それぞれの殺虫活性は害虫によって異なっている。またBT菌にはクルスターキ系統とアイザワイ系統があり、それぞれ保有するタンパク毒素の種類が異なっている。すなわちクルスターキ系

統は CryIAa、CryIAb 及び CryIAC を持つが、CryIC は持たない。一方、アイザワイ系統は、CryIAa、CryIAb 及び CryICは持つが、CryIAC は持たない。

CryIAC はコナガ、アオムシ及びオオタバコガに活性が高く、CryIC はハスモンヨトウ、ヨトウガ及びシロイチモジヨトウに活性が高い。いずれの系統の剤を使用するかは、対象害虫によって異なる。また、ツービットDFのように両系統の混合剤もある(表V-10、表V-11)。

天敵利用の項で触れたが、BT剤は徘徊性のクモ類など保護したい土着天敵に影響がないため、アオムシやハスモンヨトウなどの害虫を対象に定期的な散布を行い、さらにクモ類にコナガを捕食させることで、チョウ目害虫からの被害を抑制できる。

また、定期的なBT剤の散布は、圃場や作物への水分供給になり、特に秋冬期にハスモンヨトウやウワバ類に感染する緑きょう病菌(写真V-16)の働きを促すことにもつながる。



写真V-16 緑きょう病菌に感染、死亡したミツモンキンウワバの幼虫

4) 土着天敵の利用

前出の天敵利用の項で、有機栽培では土着天敵の種類が豊富であることを述べた。その一方でバランスコントロールが難しく、害虫の被害を抑制するに至らないことにも触れた。しかし、せっかく圃場に定着している土着天敵を「知らない」という理由で、時には害虫扱いし、手で潰してしまうようなことがあってはならない。そこで、有機栽培で出会うであろう土着天敵の主なものを取り上げておく。

(1) アブラムシ類の天敵

代表はテントウムシ類であるが、季節によって種構成が変化する。春と秋はナナホシテントウとナミテントウが活躍するが、盛夏期にこの2種は夏眠するため姿を消す。初夏からはやや小型のヒメカメコテントウ(写真V-17)や、さらに小さいコクロヒメコテントウ(写真V-18)やクロヘリヒメテントウ(写真

V-19)が優占種となる。

その他、アブラムシ類を捕食する天敵としてクサカゲロウ類(写真V-20)とシヨクガタマバエ(写真V-21)が挙げられる。どちらも初夏から盛夏期にかけて多く観察できるようになる。



写真V-17 ヒメカメコテントウの成虫



写真V-18 コクロヒメコテントウの幼虫



写真V-19 クロヘリヒメテントウの成虫

寄生蜂ではアブラバチ(写真V-22)とアブラコバチ(写真V-23)がいて、アブラムシ類に寄生しミイラ(マミー)化してしまう。

それぞれ、種類によって寄生できるアブラムシ類が決まっている。現在、生物農薬として市販されているコレマンアブラバチは、ワタアブラムシやモモアカアブラムシに寄生するがダイコンアブラムシやジャガイモヒゲナガアブラムシには寄生しない。しかし、土着のダイコンアブラバチはダイコンアブラムシに、ギフアブラバチはジャガイモヒゲナガアブラバチに寄生する。

(2) ハダニ類の天敵

ハダニアザミウマ(写真V-24)、ハダニバエ(写真V-25)、ミヤコカブリダニやミチノクカブリダニ(写真V-26)などのカブリダニ類、キアシクロヒメテントウ(写真V-27)があげられる。

これらは5月以降、ハダニ類が発生しているアジサイの葉裏でよく観察できるし採取可能である。またアオバアリガタハネカクシ(写真V-28)やヒメハダニカブリケシハネカクシなどのハネカクシ類もハダニ類を捕食する。



写真V-20 ヤマトクサカゲロウの幼虫



写真V-21 ショクガタマバエの幼虫



写真V-22 アブラバチのマミー



写真V-23 アブラコバチのマミー



写真V-24 ハダニアザミウマの成虫



写真V-27 キアシクロヒメテントウの幼虫と卵



写真V-25 ハダニバエの幼虫



写真V-28 ハダニアザミウマの成虫



写真V-26 ミチノクカブリダニ

(3) アザミウマ類の天敵

ナミヒメハナカメムシ、コヒメハナカメムシなどのヒメハナカメムシ類(写真V-29)やオオメカメムシ(写真V-30)がその代表である。

これらは、アブラムシ類やコナジラミ類、チョウ目害虫の卵、若齢幼虫なども捕食する広食性の天敵である。ヒメハナカメムシ類は花粉食でもあるので、花粉を出す花の中でもよく見つけることができる。また、クローバーの花の中にいるヒラズハナアザミウマを餌として初夏に繁殖し始めるので、クローバーの群生地でもよく採取できる。

(4) コナジラミ類の天敵

ツヤコバチ科の寄生蜂(写真V-31)がその代表であるが、西南暖地ではタバコカスミカメ(写真

V-32) やクロヒョウタンカスミカメなどのカスミカメ類が捕食性天敵として施設園芸で利用されている。



写真V-29 ヒメハナカメムシ類の成虫



写真V-30 オオメカメムシの成虫



写真4-31 ツヤコバチのマミーと成虫



写真4-32 タバコカスミカメの成虫

(5) ハモグリバエ類の天敵

ヒメコバチ科やコマユバチ科(写真V-33)の寄生蜂が最も活躍している。関東地方では5月上旬から観察できる。露地栽培ではこれら寄生蜂により、ほとんど実害が出ない程度まで密度が抑制されている。しかし、化学合成農薬で寄生蜂が排除されると、マメハモグリバエなどは爆発的に増加することもしばしばである。



写真4-33 ハモグリコマユバチ

(6) チョウ目害虫の天敵

卵に寄生するトリコグラマ属の寄生蜂(写真V-34)やクロタマゴバチ(写真V-35)、幼虫に寄生するコマユバチ(写真V-36)やヒメバチ(写真V-37)の仲間、徘徊性クモ類やゴミムシ類(写真V-38)、クチブトカメムシ類(写真V-39)、アマガエルなどがあげられる。また前出の緑きょう病やウイルス病などの病気もある。



写真V-34 トリコグラマ属の卵寄生蜂



写真V-37 ハスモンヨウに寄生していたタバコアオムシチビアメバチ



写真V-35 ハスモンヨウの卵塊から羽化するクロタマゴバチ



写真V-38 アオゴミムシの幼虫と成虫



写真V-36 オオタバコガの幼虫に寄生していたコマユバチ



写真V-39 シロヘリクチブトカメムシ

(7) カメムシ類の天敵

卵に産卵するクロタマゴバチ科などの寄生蜂(写真V-40)がいる。



写真V-40 カメムシの卵塊に産卵しにきた寄生蜂



写真V-41 オオムギ上で繁殖したムギクビレアブラムシ

5) バンカー植物と天敵利用

天敵と害虫の関係は、食う者と食われる者との関係である。したがって、食われる者である害虫が発生した後に、天敵は現れる。害虫の密度が高い場合は、天敵が現れても、密度抑制に貢献するとは限らない。天敵がいるということと、作物保護に役立つということとは必ずしもイコールではない。

そこで、対象害虫が発生する前から圃場に天敵を温存し、待ち受けさせる手法が考え出された。それが前出の「バンカー」である。

具体的には、オオムギやソルゴーなど、イネ科の作物を用いて、野菜には寄生しないムギクビレアブラムシ(写真V-41)などを増やし、それを餌として、寄生蜂や捕食性天敵を存する方法である。

ムギクビレアブラムシは現在、500頭単位で市販もされているが、自然界のものを用いる場合は、ソルゴーやトウモロコシに寄生するアブラムシ類を採取するとよい。採取したアブラムシ類はオオムギやコムギの幼苗期から寄生させ、増殖する。

ここで増えたアブラムシ類には、土着の寄生蜂のほか、テントウムシ類やヒラタアブの幼虫(写真V-42)、ショクガタマバエなどが捕食しにやってくる。増殖する。



写真V-42 ムギクビレアブラムシを捕食するヒラタアブの幼虫

ハウス内で利用する場合は草丈の低いオオムギが良い。露地の圃場ではソルゴーのように草丈の高いものは、防風の役目も果たす。

あるいは、近年マルチムギとして市販されているムギ類でもよい。早生のトウモロコシを利用すると、雄穂が大量の花粉を出すことから、ヒメハナカメムシ類を誘引することもできる。

葉菜類の場合は、クローバーを混植する方法もある。地上徘徊性のクモ類やゴミムシ類の住みかとなったり、前述した通りヒメハナカメムシ類の餌源にも成り得る。

引用文献

- 1) 有機農業技術の現状と適用条件に関する調査結果(2009)(財)日本農業研究所、(財)日本土壌協会、8-11
- 2) 相野公孝(2007)内生細菌利用の最前線、バイオコントロール研究会レポート、10、92-100
- 3) 有江 力(2006)微生物農薬による病害防除の現状と今後の展望、今月の農業、11、20-24
- 4) 有江 力(2007)植物の誘導全身抵抗性、ブレインテクノニュース、121、10-13
- 5) 百町満朗(2003)拮抗微生物による作物病害の生物防除、クミアイ化学
- 6) 木嶋利男(1990)拮抗微生物とこれを接種した作物の混植による土壌病害の生物防除、防菌防黴、18、21-30
- 7) 木嶋利男・天谷正行・郷間秀夫・米内貞夫・大橋一夫・生井 潔・須永哲央・小栗尚子・橋田弘一・熊田鉄丈・小林光子(1995)組織内共生微生物を用いた生育および病害の制御、栃木農試研報、43、47-86
- 8) 木嶋利男(1992)拮抗微生物による病害防除、農文協
- 9) 木嶋利男(2006)農薬に頼らない家庭菜園 コンパニオンプランツ、家の光協会
- 10) 木嶋利男(2008)プロに教わる家庭菜園の裏ワザ 家の光協会
- 11) 嶋利男(2009)伝承農法を活かす家庭菜園の科学 講談社
- 12) 木嶋利男(2010)伝承農法を活かす家庭菜園の裏ワザ 家の光協会
- 13) 小木曾秀紀(2007)シュードモナス・フルオレッセンス水和剤(ベジキーパー水和剤)の開発と利用技術、バイオコントロール研究会レポート、10、39-47
- 14) 小川 眞(1987)作物と土をつなぐ共生微生物:菌根の生態学、農文協
- 15) 小川 奎(1988)サツマイモつる割れ病に関する研究、農研センター報告、10、1-127
- 16) 酒井 馨(1961)輪作・間作・混作・交互作:畑地の高度利用の実際、図解農業研究会
- 17) 根本久編著(2003)天敵利用で農薬半減—作物別防除の実際—(社)農山漁村文化協会
- 18) 嶽本弘之(2002)FUKUOKA IPM NEWSLETTER NO. 3 福岡県農業総合試験場

