

第2部 果菜類の有機栽培の基本・共通技術

目次

I. 適切な作型・作付体系の選択

1. 作型の選択と留意点……………14
 - 1) 野菜類の作型について……………14
 - 2) 作型選択の条件と留意点……………14
 - (1) 栽培地域の気候条件……………14
 - (2) 経営規模と流通形態……………15
 - 3) 作型の特徴と有機栽培への適応性……………16
 - (1) 普通栽培……………16
 - (2) 早熟栽培……………16
 - (3) 半促成栽培……………17
 - (4) 抑制栽培……………17
 - (5) 促成栽培……………17
2. 作付体系・作型と栽培上の留意点……………17
 - 1) 有機栽培における作付体系の考え方……………17
 - (1) 作付体系設定の考え方……………17
 - (2) 圃場履歴把握による計画的圃場管理……………18
 - 2) 作型別の作付体系……………18
 - (1) 早熟栽培、普通栽培……………18
 - (2) 半促成栽培……………19
 - (3) 抑制栽培……………19
 - 3) 作型と栽培上の留意点……………19
 - (1) 早熟栽培、普通栽培……………19
 - (2) 半促成栽培……………20
 - (3) 抑制栽培……………20

II. 品種の選択と自家採種

1. 基本的な考え方……………21
 - 1) 品種選択の考え方……………21
 - 2) 有機栽培向き品種の選定……………21
 - 3) 販売・流通形態からみた品種選択……………22
 - 4) 固定品種、在来品種の利用……………23
 - 5) 自家育種・採種の意義と留意点……………23
 - (1) 自家育種・採種の意義……………23
 - (2) 自家育種・採種の取組状況……………23
 - (3) 自家育種・採種に当たっての留意点……………25
 - 6) 有機JASに適合する種苗の利用……………25
2. 主要な果菜類の品種開発の現状……………25
 - 1) トマト……………26
 - 2) ナス……………27
 - 3) ピーマン……………27
 - 4) キュウリ……………28
 - 5) カボチャ……………29
3. 品種選択と自家育種・採種法……………30
 - 1) 有機栽培に適した品種選択……………30

- 2) 自家育種の手順……………31
- 3) 主な果菜類の自家育種・採種法と留意点……………34
 - (1) トマト……………34
 - (2) ナス……………34
 - (3) ピーマン……………35
 - (4) キュウリ……………36
 - (5) カボチャ……………37

III. 健苗の育成と初期生育の確保

1. 基本的な考え方……………39
 - 1) 健苗の育成……………39
 - 2) 購入苗を用いる場合……………40
2. 播種・育苗の方法……………41
 - 1) 育苗用土……………41
 - (1) 熟成床土と促成床土……………41
 - (2) 微生物群の働き……………42
 - 2) 育苗温床の作り方……………44
 - (1) 踏み込み温床の作り方、使い方……………44
 - (2) 踏み込み温床のメリット……………45
 - 3) 育苗用の資材……………46
 - 4) 育苗管理の要点……………46
 - (1) 地温管理……………46
 - (2) 通風換気とずらし……………47
 - (3) 馴化……………47
 - (4) 病害虫対策……………47
 - 5) 接ぎ木苗、挿し木苗の利用……………48
 - 6) 育苗における有機JAS対応……………49
 - 7) 果菜類の直播栽培……………49
3. 定植と初期生育の確保……………49

IV. 土づくり・施肥管理対策

1. 基本的な考え方……………52
 - 1) 求められる総合的に高い地力……………53
 - 2) 作土層を厚くする土づくり……………54
 - 3) 土壤微生物相の安定化を図る……………55
2. 土づくり対策……………56
 - 1) 遊休地や転換初期の早期地力向上対策……………56
 - (1) 土層改良……………57
 - (2) 緑肥を用いた土壌改良……………57
 - (3) 適切な有機物施用……………60
 - 2) 通常期に入ってから土づくり……………61
 - (1) 不耕起・平畝栽培……………61
 - (2) 緑肥による追肥……………62

3) 土壤管理による微生物性の改善	63	(3) 耕種的防除	100
3. 施肥管理対策	66	2. 病害抑制対策	101
1) 果菜類の施肥特性	66	1) 有機栽培で発生する病害	101
(1) 栄養生長・生殖生長同時進行型野菜	66	2) 物理的防除	101
(2) 果菜類の種類別施肥特性	66	(1) 太陽熱消毒	101
2) 有機果菜類作の施肥管理上の留意点	67	(2) マルチ資材の利用	102
(1) 地力を高める	67	3) 耕種的防除	102
(2) 有機物の肥効	69	(1) 予防	102
(3) 土づくりと病害虫の発生	71	(2) 抵抗性品種・台木の利用	102
(4) 土壤管理と生理障害	71	(3) 土壤の酸度	104
3) 有機果菜類に対する施肥	72	(4) 連作の回避	104
(1) 主な肥料成分と果菜類の生育	72	(5) 有機物施用による土壤病害の軽減	104
(2) 生育診断と施肥管理	74	(6) ネギ・ニラの利用	104
(3) 養分バランスを保つための土壤診断	76	3. 虫害抑制対策	105
(4) 栄養診断と施肥管理	77	1) 有機栽培で発生する害虫の特徴	105
(5) ボカシ肥料の利用	81	2) 物理的防除	105
(6) 有機液肥の使い方	82	(1) 防風ネットのフェンス掛け	105
		(2) 防虫ネットの利用	106
V. 雑草防除対策		3) 行動制御による防除	106
1. 基本的な考え方	84	(1) 近紫外線除去フィルムの利用	106
2. 雑草の生態	84	(2) 光反射フィルムの利用	106
1) 繁殖、種子生産	84	(3) 有色トラップの利用	106
2) 休眠と発芽	85	4) 耕種的防除	107
3) 伝播	85	(1) リビングマルチ・カバークロップの 利用	107
3. 代表的な雑草	86	(2) 天然マルチ資材の利用	107
4. 雑草防除の方法	88	(3) 対抗植物の利用	108
1) マルチング	88	5) 天敵増殖植物の利用	109
(1) 技術概要	88	6) 生物的防除	110
(2) 技術のメカニズムと特性	89	(1) 生物的防除資材の法律上の取扱	110
(3) 具体的な方法	90	(2) 生物的防除資材の利用法	111
2) 太陽熱土壤消毒	91	4. 施設栽培での病害虫抑制対策	113
(1) 技術概要	91	1) 病害虫のついていない健全苗の供給	113
(2) 技術のメカニズムと特性	92	2) 衛生学に基づく圃場管理の徹底	113
3) 草刈り・草削り	93	3) 病害虫が入りにくい施設の構造	113
4) 草生栽培	95	4) 病害虫に対する抵抗性品種の利用	113
(1) 技術概要	95	5) 行動制御による害虫防除	113
(2) 具体的な方法	95	6) 天敵の利用	114
5) 不耕起栽培	97	5. 有機JAS規格「別表2」で果菜類に使用が 許容されている農薬	116
		1) 殺菌剤	118
VI. 病害虫防除対策		(1) 生物的防除剤	118
1. 基本的な考え方	98	(2) その他の防除剤	119
1) 病害虫発生 の 3 つ の 要 因	98	2) 殺虫剤	123
(1) 主因	98	(1) 生物的防除剤	123
(2) 素因	99	(2) その他の防除剤	125
(3) 誘因	99	3) 生長調整剤	128
2) 病害虫防除対策	99		
(1) 物理的防除	99		
(2) 行動制御防除	100		

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、作物横断的な基本・共通技術がある。そこで、作物別の有機栽培技術の解説に入る前に、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、慣行栽培の技術に代替する手段を採用すれば、栽培がうまくいくというわけでもない。

果菜類は、ナス科、ウリ科の作物が多く、果実を長期間にわたって収穫する作物が多いので、有機栽培は慣行栽培と比較して、病害虫の発生や好適な生育相確保の観点から収穫量が劣る可能性が高く、栽培が難しい作物である（図1、表1）。また、1株当たりの着果数と収穫適期に限られるメロンやスイカは、収穫時まで茎葉を健全に保たないと、果実の大きさや糖度が劣り全く商品価値が無くなるので、有機栽培は極めて難しい。

このような果菜類の特徴と、本指導書が有機農業への新規参入者や有機栽培に取り組んでからまだ日が浅く、問題を抱えている農業者に対する指導資料であるという性格から、第3部においては、ナス科のトマト・ナス・ピーマンと、ウリ科のキュウリ・カボチャ・ズッキーニの有機栽培技術を解説する。

それに先だって第2部においては、「適切な作型・作付体系の選択」、「品種の選択と自家採種」、「健苗の育成と初期生育の確保」、「土づくり・施肥管理対策」、「雑草防除対策」、「病害虫防除対策」に分けて、有機栽培で考慮すべき基本・共通技術について解説する。

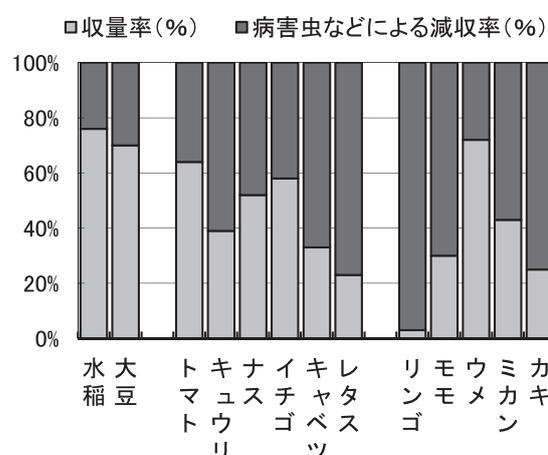


図1 実証試験に基づく、防除を一切行わなかった場合の病害虫などによる減収

表1 野菜の減・無農薬栽培の難易度

難易度*	ナス科	ウリ科	アブラナ科	マメ科	その他
5	トマト ナス	キュウリ、スイカ、 メロン	キャベツ ハクサイ	エンドウ インゲン	アスパラガス イチゴ
4	ピーマン	カボチャ		ソラマメ	ネギ、ニラ、レタス
3	ジャガイモ	ニガウリ	ブロッコリー、 カリフラワー、 ダイコン、カブ、 ワサビ		タマネギ、ニンニク、ラッキョウ、 シュンギク、ゴボウ、ニンジン、 ホウレンソウ、オクラ、ショウガ、 セルリー、パセリ、ミツバ
2			コマツナ		サツマイモ、サトイモ
1				モヤシ	ヤマイモ、ミョウガ、ウド

*九州・沖縄農業試験研究推進会議の資料をもとに作成。難易度は高いほど難しい。

〔図1、表2の出所：中野明正『インテグレート有機農業論』（2012）誠文堂新光社〕

I. 適切な作型・作付体系の選択

1. 作型の選択と留意点

1) 野菜類の作型について

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、農林水産省野菜試験場（現在の農研機構野菜茶業研究所）は、1981年に「全国野菜・花きの種類別作型分布の実態とその呼称に関する調査」を実施し、また「野菜・花きの作型用語」（1984年）を取りまとめ、さらに直近では「野菜の種類別作型一覧」（2010年）を刊行している。

この調査を通じて、作型については、その定義を「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、中でも温度が最も大きな要因で、さらに光（日長、日射量）や水（降水量、灌漑）もその要因となっている。有機栽培では、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と、病害虫の発生が栽培の安定化に対する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これ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（参考「作型の呼称について」参照）。

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のかを評価し、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。

前記した「野菜・花きの作型用語」においては、作型分化を促す要因として、栽培時期に応じた品種分化を主とする作物と、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することを原則としている。この分類型によれば、果菜類の多くが環境調節技術を主要因として作型が分化していることから、果菜類は分類型Ⅱに属する。なお、果菜類においては、環境調節技術の主たるものは、保温・加温等の温度調節技術である。

分類型Ⅱにおける基本作型名は、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、「雨除け普通栽培」、「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」などに細分化して呼称するとしている。

2) 作型選択の条件と留意点

果菜類の作型を選択するに当たっては、主に作物の生育特性に係わる栽培地域の気候条件と経営規模・流通形態を考慮して決定する。

(1) 栽培地域の気候条件

先述のように、野菜の作型は主にその地域の自然環境の季節変動に基づいて分化、成立しているが、果菜類の作型の分化については、この季節性に対応する環境調節技術、特に生育温度の

【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。
- 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型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、ハウレンソウ、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、シヨクヨウギク、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

確保技術により成立している。つまり、日本全国において、同じ季節、同じ時期であっても、地域によって気候条件が異なることから、同じ作型であっても作期（栽培時期）が異なる。また、環境調節技術も低温期では寒冷な地域ほど生育温度の確保に留意する必要がある。一方、暖地や亜熱帯では、夏期高温期での果菜類の栽培は難しいが、寒地や寒冷地では夏季の冷涼な気候条件を生かした栽培が成立する（表Ⅰ-1）。

有機栽培では、基本的に慣行栽培と環境調節技術が異なることはないの、慣行栽培と同様な

作型設定が可能であるが、低温期の養分吸収量不足や生育期間を通じての病害虫を回避する栽培技術の工夫が求められる。

(2) 経営規模と流通形態

以下に述べる流通形態と相互に関係するが、有機栽培を行う栽培面積の大小により作型設定が変わってくる。

小面積の場合、周年出荷型の栽培に取り組むには面積が不足し無理であるので、小規模流通に対応する作型を採用する。例えば、直売所へ

表 I-1 作型呼称に用いる地域表示（「野菜・花きの作型用語」(1984年) から引用）

全国的に作型呼称を統一するため、野菜の作型成立の基本的要因としては気温が主となることをふまえ、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、年平均気温の分布を5段階としてこれに当てはめることにした。なお、括弧内の平均気温は目安である。

- ①寒地 北海道全域並びに東北、北陸、関東及び東山の一部分（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℃未満の地域）
- 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℃未満の地域）
- 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℃未満の地域）
- ⑤亜熱帯 沖縄県全域を含む西南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）

の出荷など少量出荷や日量の変動が容認される流通への対応であれば、作型設定は弾力的に行える。

一方、栽培面積と労力に余裕があれば、①産消提携型や宅配型の流通への対応が可能で、多品目栽培における構成品目として、できるだけ年間を通じた出荷を目指す観点から、複数の作型を組み合わせる必要がある。②有機農産物の専門流通業者への対応としては、主作物として専作的栽培が可能であり、栽培面積に応じた作型の組み合わせもできる。

3) 作型の特徴と有機栽培への適応性

(1) 普通栽培

春、気温の上昇を待って播種あるいは定植し、以後自然条件下で収穫を継続する作型である。生態的には、栽培期間のかなりの期間を生育適温下で経過する条件下に置かれることから、最も栽培しやすく果菜類の基本的な作型で、一般に露地栽培として行われる。しかし、この作型における有機栽培では、春先の定植期から生育初期の低地温による生育遅延、梅雨及び秋雨期における多雨条件下での病害の多発、夏季の高温期前後の害虫の多発生、強害雑草の繁茂といった生育の安定を損なう環境下での栽培であり、有機栽培にとって必ずしも栽培しやすい作型ではない。

従って、この作型における有機栽培は、栽培

様式として、春先の地温確保、初期生育促進、雨滴による泥はねの防止、雑草防除対策としてのポリマルチを有効に利用することが必要になる。しかし、春先の地温確保として利用した黒ポリマルチは、夏場の高温期には地温や地表面の温度が上昇し、クモやゴミムシなどの天敵の活動を低下させることになるので、稲わらや刈り草など地温抑制と天敵が活動しやすい資材に切り替えるなど、マルチ利用の仕方などを工夫する必要がある（詳細は「VI 病虫害防除対策」を参照）。また、トマトの露地栽培では裂果の発生が多いので、多雨条件下の病害被害の軽減対策も兼ねて、できるだけ雨除け栽培を取り入れたい。

(2) 早熟栽培

普通栽培より早期に播種・定植し、早期に収穫を始める栽培である。加温育苗と、早期の定植に備える地温確保のためのポリマルチは不可欠で、さらに早い定植にはトンネルや無加温ハウスを利用する。普通栽培より作期を早めることができるので、トマト、ナス、ピーマン、キュウリのように収穫を連続して行う作物については、高温で盛夏期を経過させることができない温暖地以南の地域では、栽培期間が長くなり多収が見込める。定植期の地温を確保し、初期生育を順調に経過させることができれば、生育初期に普通栽培より病虫害の発生が少ない期間を確保できるので、有機栽培

には好適である。しかし、半促成栽培と比較し定植時の地温確保は劣り、普通栽培より大幅な作期前進効果は得られないので、収穫期間の延長効果は半促成栽培には及ばない。

(3) 半促成栽培

早熟栽培よりさらに早期に収穫しようとする栽培である。冬から早春にかけてハウス内に定植し、生育前半のみを保・加温した後に自然の気温下の栽培に移し、夏期の高温期までに収穫を終えるのが普通である。温暖な地域ほど温度確保のための資材や労力は軽減でき、収益性が高まる。一方、寒冷な地域では、収穫を秋冷期まで延長させる栽培も可能である。ハウス栽培であり、冬期から栽培が始まるので外部からの害虫の飛来・侵入は少なく、栽培前のハウス内の害虫防除を徹底できれば、生育中の害虫被害を抑制できることから、この点では有機栽培への適応性が高い栽培と言える。しかし、施設費が掛かることから、収益性を高める高度な栽培技術が必要となる。

(4) 抑制栽培

普通栽培より遅い時期の収穫を目的とする栽培である。盛夏期から秋冷期までの栽培となるので、地域的には夏期が冷涼であったり晩秋が温暖である地域での気候条件を生かす栽培となる。この栽培では、育苗から定植初期が夏期の高温期に当たり、また生育盛期は秋雨期と台風の襲来期にも重なるので、果菜類の有機栽培としては最も難しい栽培といえる。従って、有機栽培でこの作型を採用する場合は、自然環境の影響を大きく受ける露地栽培ではなく、ハウス利用を前提として半促成作型と組み合わせた栽培を行い、栽培の安定化と施設の利用効率を高める必要がある。

(5) 促成栽培

半促成栽培よりさらに早期に収穫しようとする栽培である。ハウス等の施設を利用し、晩秋から春までの低温期間に栽培を行う。栽培期間の大半を加温し、施設費・運転経費が大きいので、栽培

の安定性に不安がある有機栽培には、冬期に日射量が多く暖房経費が少ない温暖な地域以外は、この作型の導入はかなり困難である。

2. 作付体系・作型と栽培上の留意点

1) 有機栽培における作付体系の考え方

(1) 作付体系設定の考え方

有機栽培は生態系を重視した栽培体系であるので、圃場の栽培環境を生態的に多様化しておく必要がある。従って、いずれの作型においても連作を避け、単一作物のみの作付けをできるだけ避けて、多品目の栽培を輪作・間作により行う方式が望ましい。この方式は、作業体系が複雑になり、効率的な生産ができにくくなるので、効率的な生産が必要な施設栽培では導入は難しく、露地栽培が対象となる。輪作と多品目栽培を組み合わせることで、土壌を含む圃場環境全体が多様化し、土壌伝染性の病害をはじめ、地上部病害や害虫の被害軽減が可能となる。

多品目栽培の作物種は、販売用の作物ばかりでなく、土づくりのための緑肥作物、土壌病害虫対策としての対抗植物、アブラムシなどの飛来害虫対策としての障壁作物、土着天敵を温存する天敵増殖植物（インセクタリアープランツ）など有効な植物種を利用するようにしたい。

一方、露地栽培で耕作規模が大きい場合や専作的な施設栽培では、特定の作物で作業効率を上げる栽培が可能である。この場合は、連作障害を避けるため、二毛作として、前作に果菜類を作付け、後作に収益性を重視すれば異科作物の葉根菜類を、土づくりや土壌病害対策を重視すればエンバク、ソルゴー、ヘアリーベッチなどの緑肥作物を導入する方法が望ましい。二毛作で果菜類を前作に導入する理由は、気象環境の面からみて抑制作型より生産が安定するからである。また、輪作は基本的に前述の異科作物や緑肥作物を組み合わせるが行うが、病害虫や土壌の肥沃度も勘案して作物種を選択し作付けるようにする。例えば、土壌病害虫については、多犯性の土壌病害菌である *Verticillium* 菌（トマト半身萎ちょう病、

ナス半身萎ちょう病、トウガラシ半身萎ちょう病など)、土壌センチュウ類は、異科作物といえども共通の病害虫となる危険性があるので、注意して作付ける。なお、可能なものは、抵抗性台木の利用を行う。

このほかに、作付体系としては、水田が利用できる場合には、土壌水分を多く必要とするキュウリを転換作物として導入することも効果的である。栽培圃場で土壌病害やセンチュウ類の被害が多くなれば水田に戻すことで対応が可能となる。多湿になりやすい水田転換畑は、排水対策を図ればナスやピーマンの導入も可能であるが、乾燥を好むトマトの導入は避けた方がよい。

(2) 圃場履歴把握による計画的圃場管理

有機農業は、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、圃場履歴の管理は重要である。特に多品目の有機農産物を供給するタイプの有機栽培農家にとっては必須の作業であり、先進的な有機農業者は作付計画や販売計画に活用している。このことは、経営規模が大きくなるほど、条件の異なる作付地が多くなるほど必要になる。また、慣行栽培においても、連作障害対策などの一環として、圃場カルテシステムを構築して成果を挙げてきた事例がある。

そこで、これらに習い、作付作物、土壌・施肥管理、病害虫の発生状況、収穫量、圃場の周辺環境などの圃場履歴を情報として年次毎に記録し、さらに指導者と生産者がこの情報を共有して活用し、地域ぐるみで安定した生産を継続する体制を整えたい。

2) 作型別の作付体系

(1) 早熟栽培、普通栽培

春先に定植し盛夏期までに収穫を終えるタイプと、秋期まで栽培を延長するタイプに大別できる。慣行栽培では、ナス、ピーマンは秋冷期まで栽培するタイプが多い。ナス、ピーマンは耐暑性が強く、暖地においても夏越しが可能であり、また次々と分枝し花芽が増加する着果習性から長期栽培に

より収量が増加する。このため、ナス、ピーマンの有機栽培農家では夏越しして長期栽培を行っている事例が多く見られる。これに対し、トマトやキュウリは、暖地では秋冷期までの栽培は病害虫の発生や生態的に生育の衰えが大きく、夏越しが難しい。一方、寒冷な地域では夏季が冷涼なので秋冷期まで栽培が可能であるが、品質の低下はまぬがれない。このため、トマト、キュウリの有機栽培農家でも、栽培面積が大きい農家では、播種期を15～20日間隔で複数回にわたりずらして、秋冷期まで収穫期間を延長している事例が多く見られる。作期の分散は、栽培管理や収穫労力の分散・平準化や経営リスクの低下が図られるという経営上の必要性もあるが、長期栽培での後半の品質低下を避けることにより、長期間にわたり経営体独自の商品の市場性を確保していくという面でも重要なことである。

作付体系は、盛夏期までに収穫を終了する場合は、後作として秋野菜の葉根菜類や越冬作物としてタマネギやニンニク、早春に収穫できるナバナなどが導入できる。また、ライムギやエンバクなどの緑肥作物、次年度の間作作物としてのコムギなど幅広い作物種の導入が可能である。寒冷な地域では、秋冷が早く訪れ、冬期も低温のため、温暖な地域より後作の作物種は限られることから、前作の果菜類の生育状態をみて夏越しさせるか、収穫を打ち切るかを決める。実際、露地野菜中心の多品目野菜供給型の有機栽培農家では、寒冷地、温暖地に関わりなく、収穫期間を無理に延ばさず、圃場当たりの収益目標（例えば10a当たり販売収入100万円）や、栽培期間当たりの収益を念頭において、作付体系や作型の選択を臨機応変に行っている例も多い。

普通栽培は、露地への植え付けであるので、多品目栽培の導入が容易である。果菜類のウリ科、ナス科のほかに、これらと異科の作物である葉菜類・根菜類を選定し、間作物として導入することが多い。作物種は、草丈・株の広がり・収穫期間・共通の病害虫の有無・共栄的特性などを勘案して選定する。また、マルチ用緑肥・対抗植物・

障壁作物・天敵増殖植物などを、それぞれの目的に応じて間作物や圃場周囲を囲む作物として利用する。この事例として、(公財)自然農法国際研究開発センターの農業試験場では、露地栽培のカボチャ(前作)ーダイコン(後作)に、ヘアリーベッチ、エンバク、マリーゴールドを緑肥間作として利用する作付体系を提示している(千嶋ら2012)。

また、果菜類の単作的な作付けを行う場合でも、数畝に1~2畝のエンバクなどの麦類やクローバーなどを入れると、アブラムシなど飛来害虫の侵入阻止や、クモやテントウムシなどの天敵を定着、温存させることができ、害虫防除に有効である。この場合、主作物である果菜類の草丈や株の広がりなどを考慮し、障壁作物等が日陰や通風不良を起こさないように、作物種や栽植方法を工夫する。

このような考えをさらに一歩進めて、リビングマルチを極く安価なコムギに替えて、果菜類等の畝間に大量に播種すると、前記のような効果のほか、著しい抑草効果や土壌構造の改善、肥料養分の放出もあるため、主作物の収量増加を図っている事例もある(戸松2013、2014)。

(2) 半促成栽培

夏季までに収穫を終了する人が多いので、後作として異科の果菜類、例えば前作がトマトなら抑制キュウリ、前作がキュウリなら抑制トマトの組み合わせができる。中には前期、後期に同一作物を作付けしている事例もある。しかし、果菜類のみの連続した栽培では、土壌環境の悪化や病害虫の増加が懸念されるので、収穫までの期間が秋冬期まで続くような葉根菜類やカブ、コマツナ、ホウレンソウ、チンゲンサイなどの小物野菜、あるいは土づくりのための緑肥作物の導入を検討する。

ハウス栽培では、多品目栽培は施設利用の効率化や環境制御の面で導入しにくいのが、アブラムシやハダニ、アザミウマなどの害虫対策として、オオムギやコムギをバンカープランツとして導入する技術も開発されているので利用したい(農研機構2005)。

(3) 抑制栽培

前述したように、露地栽培では自然環境の影響を大きく受ける作型であるため、ハウスの利用を前提として、前作には、春~初夏どりのホウレンソウ、チンゲンサイ、コマツナなどの小物野菜や、ハクサイ、レタス、ダイコン、スイートコーンなどと組み合わせ、栽培の安定化と施設の利用効率を高める。果菜類の半促成栽培と組み合わせている事例もあるが、果菜類の連作は基本的に好ましくないなので、避ける方がよい。

3) 作型と栽培上の留意点

(1) 早熟栽培、普通栽培

定植期は春先の低温期に当たるので、特に低温期に速効的な効果が出る施肥管理が難しい有機栽培では、地温確保が大切である。このため、ポリマルチの利用は不可欠で、早い作期では黒マルチより地温上昇効果の高いグリーンマルチの利用を検討する。透明マルチは地温上昇効果は高いが雑草の多い圃場では利用しにくい。また、初期生育を確保するため、トンネル・べたがけ等の保温資材の利用を検討する。

作期が遅く、定植期が有翅アブラムシの飛来が始まる時期に当たると、アブラムシが媒介するウイルス病の被害が大きくなるので、寒冷紗等の防虫ネットをトンネル被覆する行うことが望ましい。被覆期間は作物にもよるが、定植後1か月くらいが目安で、これ以上は作物体が大きくなるのではなく。果菜類の中では、特にズッキーニは生育初期のウイルス感染被害が大きいので、できるだけ被覆を行うようにする。なお、最近ズッキーニのウイルス耐病性の品種がいくつか発売されているので、情報収集・試作を行ってその利用を検討する。また、ズッキーニの作期は、ウイルス感染や夏季の高温回避のため作期が早い方が安定し収量も多いので、有機栽培農家ではほとんどが早い作型を採用している。

カボチャもズッキーニと同様に作期が早い方が安定した栽培ができる。作期が遅いと、山間部の圃場では、カボチャミバエの被害が発生すること

があるので、留意して導入する。

大玉トマトは、降雨により裂果の発生が多くなり品質が低下するので、基本的には雨除け栽培を導入する。簡易雨除けでも効果はあるが、強風への耐久性や風雨の影響程度を考慮するとハウス雨除けが望ましい。また、近年オオタバコガの被害が大きくなっているが、生物農薬であるBT剤の利用が可能であるので、状況に応じて使用する。

(2) 半促成栽培

低温期から栽培を始める作型であるため、圃場準備は1カ月前くらいから早めに取りかかる。施肥は発酵の進んだボカシや鶏糞など、できるだけ肥効が早く発現するものを用いる。定植床は早めに準備し、ポリマルチを被覆して地温をできるだけ高めて定植に備える。未熟な材料を用いると、春先の急激な地温上昇によりアンモニアガスの被害が発生するので十分注意する。

普通栽培よりさらに低温期に定植する栽培であるので、二重カーテン、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。

ハウス内への害虫侵入防止対策として、ハウスサイドや妻面の開口部を防虫ネットで被覆する。また、ハウス栽培は不完全ではあるが閉鎖的な栽培環境であるので、オンシツツヤコバチなど生物農薬の利用も検討する。

ハウスサイドへの防虫ネットの被覆により、ハウス内部の通風が不良になり温度も上昇するので、灰色かび病、うどんこ病、キュウリ褐斑病、トマト葉かび病などの病害が多発するようになる。特に、目合いが細かい防虫ネットでは風通しが悪くなるのでこの傾向が大きい。そこで、換気用の天窓を設置し、ハウスの規模にもよるが換気扇や循環扇の利用も必要になる。また、地面からの水分蒸発によってもハウス内が多湿になるので、通路にも雑草防止を兼ねてポリマルチや防草シートを敷いて、

できるだけハウス内の湿度を低下する。この場合、圃場の排水条件が良い所では圃場内の乾湿条件の調節やカブリダニや徘徊性のクモなど天敵の温存場所を兼ねて、稲わら、籾殻や刈草などを敷いている例もある。

(3) 抑制裁培

トマト、キュウリともにアブラムシやコナジラミ媒介によるウイルス病の被害が大きい栽培環境であるので、育苗期から防虫ネットの被覆を行い、定植後もハウスサイド等開口部に防虫ネットを被覆し、これらの害虫の侵入を防止する。

この時期の育苗は夏期の高温期に当たるので、軟弱徒長した苗質となりやすい。施設内の温度・湿度の低下を図り、育苗床面は地面から少し高く設定して株間を広く取り、施設内の通風をよくするなどして、軟弱徒長を防止する必要がある。

引用文献

- 1) 千嶋英明、石綿薫、吉田直人、石原励子、坂口恵 (2012)、「緑肥マルチによるカボチャ栽培と不耕起ダイコン栽培の展示」、『(公財)自然農法国際研究開発センター農業試験場平成24年度成績書』、79-80
- 2) 戸松正 (2013)、「リビングマルチの効果と留意点及び私の有機農法」『有機農業学会 Vol.5, No.1』47-50
- 3) 戸松正 (2014)、「くず麦リングマルチ、混作、耕うん改善を活用した有機農法」『最新農業技術 土壌施肥 Vol.6』農文協、9-18
- 4) (独)農研機構野菜茶業研究所研究資料(第2号)(2010)、『野菜の種類別作型一覧(2009年度版)』
- 5) (独)農研機構近畿中国四国農業研究センター総合研究部 総合研究第4チーム (2005)、『アブラムシ対策としての「バンカー法」技術マニュアル(技術者用)(2005年版)』2005年
- 6) 野菜試験場研究資料(第16号)(1984)、『野菜・花きの作型用語』

Ⅱ. 品種の選択と自家採種

1. 基本的な考え方

1) 品種選択の考え方

果菜類は、葉根菜類に比べて、育苗や養水分管理、病虫害防除、収穫・調製まで多くの管理作業を必要とする集約的な作物である。安定した収益を得るためには、収量・品質や可販率及び販売価格面において高いレベルを目指す必要がある。また、品種によって外観や香り、食味などが多様性に富み、用途や販売形態、出荷先の要望に合わせた選択が必要となる。

このため品種選択においては、まず気候や土壌条件、作型に適合するかどうかを基本とし、耐病性や栽培しやすさ（着果性と樹勢のバランスなど）が圃場条件に合っているかを考え、さらに出荷先の求める果実品質が得られるかどうかを考慮する必要がある。

有機栽培では、一般に速効的な養分供給や病虫害多発後の防除は困難であるため、窒素施用量が少なくてもある程度の生育量が確保できる特性を持ち、各種病虫害に対する耐病性を兼ね備えた品種の利用が有効である。また、有機農産物の販売・流通形態によって、品種に求められる特性は異なり、消費者からの期待として、有機農産物の果実特性として香りや食味の良さ、個性的な特徴が求められることが多いため、出荷先の品質面に対する要望について、十分な事前調査や打合せ・検討を行う必要がある。また、圃場環境や作型上で必要となる病虫害抵抗性/耐病性（キュウリやメロンのうどんこ病抵抗性やトマトの葉かび病抵抗性など）を保有し、目標収量を得られると思われる品種のうち、食味や食感などで特徴（昔ながらの香りがあるトマト、曲がりやすいが果皮が柔らかいキュウリ、黒イボ系や半白系のキュウリなど）を出せる品種を絞り込む必要がある。そして、適合すると思われる複数の品種候補を実際に試作してみて最終的に品種を決定する。

2) 有機栽培向き品種の選定

多数の品種の中から有機栽培向きの品種を選ぶには、出来るだけ多くの品種の情報を入手し、作型や栽培条件、果実特性についての基本方針に適合しそうな複数の品種を取り寄せて試作を行うことが第一歩となる。

品種の収集に当たっては、栽培に関する品種特性のうち、各種病虫害抵抗性や耐病性は重要な情報であり、事前に作付圃場の栽培環境下で問題となりうる病虫害が明らかな場合は、対応している耐病性品種から候補を選ぶ（表Ⅱ-1）。

品種選定のための試作においては、圃場準備に際して元肥として用いる有機質資材のうち、窒素含有量の多い堆肥（窒素成分が2%を超えるようなもの）や無機化しやすい有機質肥料（油粕、魚粕、ボカシペレット等）の投入量を通常行っている青果栽培時よりも減らし、低施肥条件下でも生育量及び収穫量をより多く確保できる品種を見つけ出せるような栽培環境を整える。

この場合、元肥を減らした区画を設定して観察することによって、初期生育期の茎葉の伸び方、花芽の着きやすさや着果性、収穫開始期の早晚、収穫ピークの時期、収穫後半の成り疲れの出やすさなどが判定しやすくなる。低施肥条件下で収量性の高い品種は、根張りが良く、地力を有効に利用できると考えられ、それらの品種の利用は土づくりによって生産を安定させていく有機栽培の目標とも合致する。

遺伝的に病虫害の抵抗性/耐病性を保有している品種であっても、土づくりの不備や管理ミス、気象条件などによって環境や作物の生理状態が悪化すると、罹病したり、別の病害が発生することがある。品種の力だけに頼るのではなく、土づくりと適正な作物管理（整枝、誘引、着果数、収穫のタイミング、灌水、追肥等）とが相まって健全な作物栽培が成立することを忘れてはならない（図

表Ⅱ－１ 耐病性品種の持つ病害虫耐病性の例

作物名	病害虫抵抗性・耐病性のある病害虫	備考
キュウリ	べと病、うどんこ病、褐斑病、斑点細菌病、灰色かび病、ウイルス病など	草勢などの特性あり、ときわ、タキイ、久留米の各社ほか
スイカ	つる枯病	みかど協和など
メロン	つる割病、つる枯病、うどんこ病、えそ斑点病	サタカ、タキイのほか
カボチャ	うどんこ病	
トマト（大玉）	青枯病、半身萎ちよう病、萎ちよう病、根腐萎ちよう病、葉かび病、斑点病、トマト黄化葉巻病、モザイク病（ToMV）、ネコブセンチュウ	サカタ、タキイ、カネコほか
トマト（中玉）	半身萎ちよう病、萎ちよう病、根腐萎ちよう病、葉かび病、斑点病、モザイク病（ToMV）、ネコブセンチュウ	サカタ、タキイほか
ミニトマト	半身萎ちよう病、萎ちよう病、葉かび病、斑点病、トマト黄化葉巻病、モザイク病（ToMV）、ネコブセンチュウ	トキタ、サカタ、タキイほか
ピーマン***	モザイク病（TMV, PMMoV**）、青枯病、疫病	タキイ、長野県原種センターほか

* 品種により病害虫に対する抵抗性の程度や組み合わせが違うので、品種の配布先や種苗会社のカタログやホームページ等で確認する。
 ** PMMoV 抵抗性品種のうち、L⁴遺伝子を保有した品種は、連作によりL⁴遺伝子を打破するPMMoV系統が発生することが懸念されるため、導入は慎重に行う。
 *** ピーマンは他の果菜類と違い、接ぎ木した株は生育が弱くなるので避ける方がよい。

Ⅱ－１）。

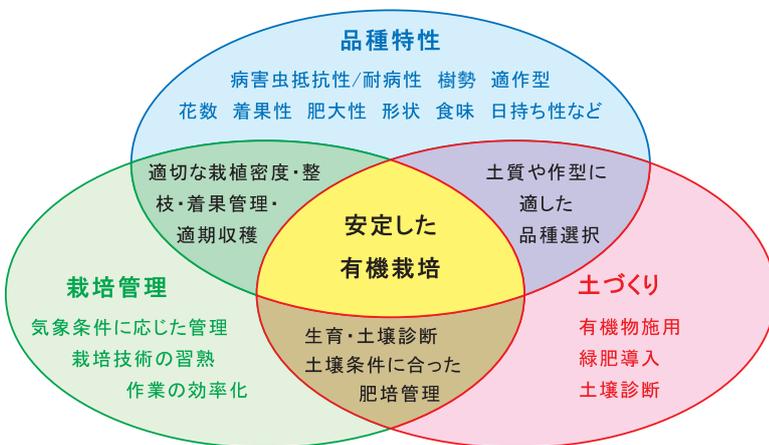
試作を行うに当たっては、各品種の特徴について、病害虫の有無や程度、茎葉の繁茂と着果肥大のバランス、誘引や摘葉などの管理作業のしやすさ、果形、大きさ、外観、食味などに着目してよく観察し、記録をとることが必要である。収量についても、総収量ではなく、屑果が少ないこと（可販率が高い）や収穫量の推移を記録し、出荷先や流通形態に合わせた収穫が可能な品種を選定する。例えば、出荷先が消費者への直販・宅配や直売所への出荷の場合には、消費者の納得が得られるならば、大きさや形状の揃いが悪くても適

品種となり得るし、一般市場や有機農産物の専門流通業者への出荷であれば、それぞれの規格にあった荷姿での出荷に合わせて収穫・調製して、歩留まりの良い品種を見極めなければならない。

3) 販売・流通形態からみた品種選択

産消提携や直売所出荷、宅配型の場合には、少量多品目の栽培となることが多く、品種についても多品種の採用や、耐病性や収量性よりも個人的な品質や品種自体の稀少性という観点から固定種や在来品種を選んでいる事例もある。

多数の品種の栽培や病害虫抵抗性/耐病虫性のない古い品種の採用は、異なる生育特性を持つ品種を同一圃場・同一環境で作付けすることになるため、全ての品種に好適な管理をすることが困難である。ある一品種に合わせた栽培（例えば栽植密度や施肥量、灌水頻度、整枝方法など）が他品種にとっては不適切な環境（日射量の不足、過剰な養水分など）となり、病害虫の発生源となるリスクもあることから、「耐病性品種だから病気は出ない」、「固定種は有



図Ⅱ－１ 有機栽培の安定化と品種の関わり

機栽培に適しているはず」といった思い込みで品種を選ぶのではなく、営利栽培としての収量目標（収穫量の期間中の推移や可販率など）を十分想定して品種選定を行う必要がある。

有機農産物専門の販売業先や一般市場へ出荷する場合は、慣行の果菜類の栽培の場合と同様に、品種に関する情報収集と試作を通じた品種の絞り込みや栽培管理法の検討を行うと共に、出荷先との情報交換や打合せを行って単一あるいは少数の品種を選定する。

4) 固定品種、在来品種の利用

近年、消費者の嗜好は多様化しており、固定種や地域在来種、海外の品種などの個性的な外観や特徴が受け入れられる状況が生まれている。これら品種を経済栽培に用いる場合には、販路確保が必要であるが、活用次第では有機農産物の価値や認知度をさらに高める展開も可能である。また、これらの品種は固定品種であり、自家採種が可能であることから、有機農業の持つ自給・自立という理念にも合致している。

これらの品種を使う場合の留意点としては、前述したような多品種を同一条件で栽培することによる作りにくさや病虫害に対するリスクに加えて、固定品種は交配種に比べて栽培地域や土壌条件に対する適応性が狭く、揃いも劣ることが多いので、作期や栽培管理、適期収穫、調製作業などにおいて、よりきめ細かい対応が必要になる。

5) 自家育種・採種の意義と留意点

(1) 自家育種・採種の意義

固定品種や在来品種は、純系系統ではなく、品種内部に変異（バラツキ）を持っていることが普通である。果菜類の固定品種における「固定」とは、主に果実の外観形質について、他品種と区別可能な特徴が一定の範囲内であることをもって固定していると表現しているのであって、果形や着果数、節間、雌花率などの諸特性には個体差がある。その程度は、作物種・品種毎に様々であるが、一定の栽培条件のもとで選抜と隔離採種

を繰り返すことによって、その作型や栽培条件・管理方法により適合した系統へと変化、収斂していく。交配種からの自家採種後代であっても、一定方向へ形質を揃えるような適切な選抜と採種を進めることで、オリジナル系統の育成が可能である。

こうした自家育種を有機栽培の中で行うことによって、有機栽培に適した品種が誕生し、それを用いることで有機栽培の生産性を高められる可能性がある。また、消費者に対しても、品種あるいはその種子がその地域や有機栽培圃場の持続可能な循環から生み出されていることをPRすることで、有機農業に対する理解促進にもつながるものと考えられる。

(2) 自家育種・採種の取組状況

NPO 法人日本有機農業研究会では、平成 21 年に全国の有機農業者 2,546 名を対象にした有機種苗に関する調査を行い（日本有機農業研究会 2011）、回答のあった有機農家 586 件のうち 6 割が自家採種をしていることを明らかにしている。同会では 1982 年より有機農業者間で優良種苗を交換する種苗交換会を開催すると共に、地域風土と有機農業に適した種子（品種）の作出や地域在来品種の継承や復活について、啓発と研鑽を重ね、種子バンク事業や自家採種の普及に取り組んでいる。有機農業の先駆者らによる自家採種や種苗交換の啓発普及活動は、有機農業運動の一環として、高度経済成長期において伝統的な農業や暮らし、地方の食文化が失われていくことに対する警鐘と、農と食の多様性や自然環境を守る運動から発展し、在来作物や在来品種、それらの利用方法も含めて取り組まれてきた 30 年余の歴史を持っている。新規に自家採種・自家育種を始めるに当たっては、地域の有機農業者のネットワークの中に、種苗交換会や研修会などがあれば参加し、種苗の分譲を受けたり、採種技術や情報を得ることが可能になる。

一方、先駆的な有機農業者は早くから自家育種や自家採種に関心を持ち、地域に適した品種

を作出したり、種子の提供や情報発信を行っており、広く有機農業者への支援も行っていることが多いので、研修会などの機会があればより実際的な知見・技術を学べるので有益である。

今回の指導書作成に当たり特定作物を対象にした有機栽培農家の事例調査を行ったが、その中に自家育種により成果を上げている事例があったので、その一部を以下に紹介する。

【自家育種によって成果を上げている事例】

◆栃木県那須烏山市のT氏育成のキュウリの例

栃木県で年間約80品目の野菜と普通作物を含め7haの大規模な有機栽培を行う農家であるが、古くから自家採種を活用しており、その作物は野菜をはじめ穀類、いも類を含め10数種類、品種数は30種類に及ぶ。余剰種子は有機農業研究会や仲間にも提供している。

キュウリの場合、(公財)自然農法国際研究開発センター(以下、自然農法センターと略す)育成の「上高地」(F₁品種、長さはやや短い、丸葉茎太で果揃いが良い)の交配・自家採種を繰り返す中で、元品種との対比でより地域に合った耐暑性のある品種「那須野」を育成して、収穫期が高温期にかかる作型に使用している。また、同センター育成の「バテシラズ3号」(F₁品種、着果肥大が良く側枝発生が旺盛で果実は短め)の交配・自家採種を繰り返す中で「夏味」を育成し、収穫期が秋に比重がかかる2作目から4作目に使用している。

自家品種の選定に当たっては、自家採種した良いものを維持して、現在の栽培品種と比較をしながら少しずつ増やし、ある程度年数をかけながら全てをその品種に変更する。耐病性品種も農法により変わり、多肥条件で栽培されたものは肥料も多目に入れる必要がある。自家育成品種も徐々に変わっていくので、育成品種にぶれが見えたら変えていく。キュウリの例では、平成24年に「那須野」には28~30cmの大きな果実が出たので、改めて交配を行い、この中から果実の長さに着目して選抜している。

◆栃木県茂木町のM氏育成のピーマンの例

栃木県で35品目の野菜を年間延べ面積で1ha栽培している多品目野菜供給型の有機栽培農家であるが、約10年前から、選んだ形質が現れやすいトマト、キュウリ、ナスや葉菜類の9作物で交配・自家育種を行って活用している。

ピーマンについては、6年前より(公財)園芸植物育種研究所育成のピーマン「あきの」(F₁品種、果肉は薄く、着果数が多い品種で直売所の数売りに適した品種)の自然交雑種から、果肉が厚く、着果が良く樹勢の強いものの選抜を重ね、果形がよく、客の好みに合う肉厚で目方の重いオリジナル品種を育成し、収益を上げている。

有機栽培では同じ栽培方法でも、品種間差が大きく出ることがある。痩せ地でも採れる品種が良いと考えているが、痩せ地向きのダイコンの種を入手して播いたら、初期生育は遅くても最後には追いついたので、初期生育の良いものを選抜するということではなく、保有している遺伝資源で選ぶ必要があると考えている。

◆熊本県宇城市のS氏育成のトマトの例

熊本県のトマト産地でトマトの施設栽培390aのほか約3haの露地野菜、稲作等による複合型有機栽培企業である。トマトの場合6作型あるが、ミニトマトでは6月中旬に播種し、8月上旬に定植して9月から6月まで収穫する作型の場合、夏期高温のためマルハナバチが飛ばず、受粉ができないので有機栽培は困難であった。そこで、自然農法センター育成の単為結果性ミニトマトの交配種「チャコ」(F₁品種、単為結果性pat-2をホモ型で保有している品種)の後代の自家選抜に取り組み、6年かけて地域の気候条件に合った単為結果性の固定品種を作出し、これにより平成25年から8月上旬定植の作型が可能になった。また、黄化葉巻病に罹病する株が出ないという観察結果を得ている。

(3) 自家育種・採種に当たっての留意点

有機栽培に適する品種の開発は、有機栽培が広く一般化していく過程で、主に市場や有機農産物専門流通業者向けの出荷に適した品種として必要になると見られる。有機栽培農家が自家育種で育成する品種についても、地域の有機栽培者全体で共有する品種として育成していく場合は、自家育種を行った農園の栽培環境に適応するだけでなく、地域の有機栽培圃場にある程度広く適応でき、近年の異常気象や外来の病害虫等への抵抗性/耐病性もあることが望まれる。

病害虫抵抗性品種の選抜や交配・隔離採種のためには、専門的な知識や設備が必要となり、年数も経費もかかる。専門性の高い品種育成に関しては、有機栽培下で自家採種を繰り返せば、自動的に良い系統が残せるといった発想で取り組んでも成功しない。また、種子伝染性の病害についても、自家採種や種苗交換会等を通して汚染を広げるという危険性もあり、拙速に実用性に欠ける品種を作るようなことは避ける必要がある。専門的な品種育成を指向する場合は、研究・普及機関や種苗メーカー等とのタイアップが必要になる。また、種苗に関する法令等も学んで堅実な取組をしていくことが肝要である。

現状では有機栽培用に育成・市販されている品種は少なく、当面は先駆者らの取組を参考にしつつ、種苗交換会などでの情報交換や様々な品種の試作を通して、有機栽培農家が作りやすい品種を見出していく状況が続くと考えられる。従って、現在の有機栽培農家が自家育種に取り組むことは、実用性の高いオリジナル品種を短期間に育成しようとするよりも、品種を見定める観察眼や技能を養い、育種に関する知識・情報を蓄積することに力点をおくことが望ましい。

将来、有機栽培農家や有機農業に取り組む産地の多くが独自の品種を持ち始め、有機農業に適した品種育成が広く一般に行われるようになる時、それらの知見や品種は貴重な情報源・遺伝資源となる可能性があり、自家育種は10年後、20年後を見据えた自然資源づくりという意識で取

り組むべきものと言えよう。

6) 有機 JAS に適合する種苗の利用

「有機農産物の日本農林規格」(有機 JAS) に準拠した有機農産物として出荷販売を行う場合は、生産に用いる種子、苗等についても、有機農産物の生産基準に則り、使用禁止資材(同規格第3条)を使わずに生産されたものを使用しなければならぬことになっている。

現状では経過措置的に、種子の入手が困難な場合や種子からの育苗が難しい場合に限って、薬剤処理種子、慣行栽培苗も利用可能となっているが、漸次原則通りの方向へ向けて基準は厳しくなっていくと考えられる。一般に店頭販売されている種子には、殺菌・殺虫剤やリン酸ソーダなどの化学物質による処理が行われているものが多いが、事前に種苗店などを通じ予約することにより、薬剤処理を行っていない種子を購入できるケースもあるので、地元の種苗店や種苗メーカーに相談することを勧めたい。

2. 主要な果菜類の品種開発の現状

果菜類は葉根菜に比べても年間を通じて各種病害虫の発生が多く、病害虫の抵抗性/耐病性を保有する品種の導入・利用に対する生産者サイドからの要望が強い。また、果菜類は食生活上の重要性や嗜好食的な性格もあるため、従来から種苗会社等での品種開発は盛んであった。

有機栽培は、元々適切な土づくりと施肥・栽培管理によって病害虫を寄せ付けない健全な作物体を育てることを重視している。近年、育種に関わる基礎研究の進展により、品種の持つ力を発揮して有機栽培をより容易に、より省力的に行い健全な植物体を育てることに寄与できる可能性を秘めた技術開発や品種開発が行われつつある。

そこで、現在公的機関や、それと連携した形で進められている主な果菜類の品種開発の現状について紹介する。それらが有機栽培の現場に波及してくるには時間がかかるため、直ちに役立つものばかりではないが、病害虫の抵抗性/耐病性

を保有する品種開発の現状にかぎらず、例えば単為結果性品種や各種台木の持つ有機栽培上での有用性などについても改めて考える上での参考にしてほしい。

1) トマト

青果用の市販 F₁ 品種はトマトモザイクウイルス病、萎ちょう病レース 1、萎ちょう病レース 2、根腐萎ちょう病、半身萎ちょう病、葉かび病、斑点病、サツマイモネコブセンチュウなどに抵抗性を示すものがほとんどである。但し、古い品種や育種の歴史が浅いミニ・中玉・調理用トマトでは、保有する抵抗性の種類が少ない。従って、品種選択に当たってはカタログ等で確認の必要がある。

青果用品種は品質・収量優先で選抜されており、トマトで最も問題になる青枯病には罹病性のものが多い。そこで青枯病強度抵抗性の台木用品種に接ぎ木をすることが一般的である。台木用品種はトマトモザイクウイルス病、青枯病、萎ちょう病レース 1、萎ちょう病レース 2、根腐萎ちょう病、半身萎ちょう病、サツマイモネコブセンチュウなどに抵抗性で、最近では萎ちょう病レース 3、褐色根腐病（コルキールト）に抵抗性のものも開発されてきている。

トマトモザイクウイルス病抵抗性遺伝子には *Tm-2a*、*Tm-2*、*Tm-1* があり、抵抗性を持たない品種もある。抵抗性はウイルスにさらされた細胞が枯死し、ウイルスを封じ込めるといった過敏感反応によるもので、穂木と台木で抵抗性遺伝子型が異なると、抵抗性弱の側から入ったトマトモザイク病（ToMV）が接ぎ木面まで移行して、抵抗性強の側の細胞を枯死させ、一気に枯れてしまうということが起こりうる。そこで、穂木と台木の抵抗性遺伝子型を揃える必要がある。

なお、葉かび病抵抗性では *Cf9* という強い抵抗性遺伝子を持つものが開発されてきているが、現在ではこれを侵すレースの出現も報告されている。

1989 年頃からタバコナジラミの新系統が国内でも発生し、現在では北関東くらいまで発生が見

表 II-2 トマトの種類

種類	品種の例
大玉トマト	桃太郎セレクト、麗夏、いちふく、優美
中玉(ミディ)トマト	ルイ 50、シンディースイート、レッドオーレ
ミニトマト	千香、キャロル、レッドオーレ
調理用トマト	ティオ・クック、パスタ、にたきこま
台木用トマト	Bバリア、ブロック、良縁

注：品種はあくまで例示であり、代表的というわけではない。

られるようになってきた。このタバコナジラミに媒介されるトマト黄化葉巻病が 1996 年頃から発生しはじめ、夏秋作では大きな問題となっている。タバコナジラミは多数の植物種に寄生するため非常に防除が困難であり、薬剤耐性を持つものも現れている。体長 0.8mm 程度と小さいため、雨除けハウス等では開口部に 0.4mm 目合以下の防虫ネットを張るといった対策が行われている。トマト黄化葉巻病の原因のトマト黄化葉巻ウイルス（TYLCV）にはイスラエル系とマイルド系の 2 種類があり、これらに抵抗性の遺伝子も見いだされている。*Ty-1* と *Ty-3a* を有すると両系統に抵抗性であるが、高温時には抵抗性が弱まり、*Ty-2* を持つものはイスラエル系に強い抵抗性を有するが、マイルド系には抵抗性を示さない。現在のところ抵抗性品種は「大安吉日（*Ty-1*、*Ty-3a*）」、「秀麗（*Ty-2*）」ぐらいと選択枝は少ないが、徐々に増加すると見られる。

低温期や高温期には花粉の充実が悪くなるため、慣行栽培では着果ホルモン処理が行われている。花粉が柱頭につかなくても果実が着果肥大することを単為結果性という。この性質があれば受粉用のマルハナバチの使用やホルモン剤処理を全くしなくてすむため、盛んに研究が行われており、「ルネッサンス」や「パルト」などの品種が開発されている。単為結果性の原因遺伝子 *pat-2* の遺伝配列は突き止められており、確実な選抜マーカーもできていることから、今後は急速に単為結果性品種が増加していくものと見られる。なお、単為結果性品種は採種性が悪いという問題が残さ

れている。

2) ナス

ナスは古くから日本で栽培されていたことから、在来する病害虫には抵抗性のあるものが自然に選ばれてきたと考えられる。従って、青果用 F₁ 品種、在来品種ともに病虫害抵抗性が表示されることはない。但し、連作を続けると青枯病や半身萎ちょう病が発生してくるので病害抵抗性台木用品種に接ぎ木されることが一般的である。なお、多様な野菜で重要病害となっているフザリウム菌による半枯病は最近では発生報告がない。

台木用品種は青枯病、半枯病、半身萎ちょう病、サツマイモネコブセンチュウ抵抗性等を有する。全てに極強の品種はないので圃場の状況により選択する必要がある。青果用品種では半枯病に強い「なす中間母本農 1 号」が開発されているが、半枯病が発生しないため出番はない。独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所（以下「農研機構 野菜茶業研究所」と略す）で青枯病強度抵抗性の系統も選抜されているが、品質・収量面で主要な実用品種に劣り、利用されていない。

ナスも柱頭に花粉が付かなければ着果しない。そのため、マルハナバチの導入や着果ホルモンの処理が必要となる。そこで、農研機構 野菜茶業研究所を中心として農林水産省の委託研究「超省力園芸（平成 8 年～）」が行われ、花粉が付かなくても正常に肥大する単為結果性品種の開発に取り組み、「あのみどり」等が開発された。ほかにも共同研究等により県から複数の品種が育成されている。トマトと違い採種性には全く問題がなく、単為結果性を導入したことによる問題はこれと違ってない。交配適期には収穫果に種子が入るが、種子が入らなければ切ったときに種子の周囲が茶色になるなどの現象が起こらず、品質的にも優れている。単為結果性には最低でも 3 つの遺伝子が関与するが、DNA マーカーなども開発されているので、いずれは実用品種の全てが単為結果性を保有することになると見られる。なお、単為結果

性は劣性の形質であり、F₁ 品種でも形質は固定している。このほか、へたや葉にとげのない品種が開発されており、作業性が良く、果実を傷付けにくいことから利用が広がっている。

農研機構 野菜茶業研究所ではナスの細胞質雄性不稔^{注)}の系統を作出し、稔性回復遺伝子も見いだしており、雄性不稔を利用した F₁ 採種が可能となっている。細胞質雄性不稔と単為結果性を組み合わせれば、採種は極めて効率的で、F₁ 種子において稔性回復の必要もなく、かつ収穫果は完全種無しになって利用もしやすくなる。

3) ピーマン

ピーマンは江戸時代以前に日本に伝来し、トウガラシやシントウなどとして利用されてきたものと、明治以降に日本に導入された大型の「カリフォルニア・ワンダー」とが組み合わせられて育成されてきた。従って、自然と病害虫に強いものが選抜されてきており、ナス科の重要病害である青枯病にもそこそこの抵抗性を有するものが多かった。

そのため、最近までは自根栽培されることが多かったが、疫病などが発生するようになったことから、疫病抵抗性の「ベルマサリ」を台木とした接ぎ木栽培が行われるようになってきた。その後、種苗会社各社から台木用品種が発表されたが、青枯病、疫病に十分な抵抗性を持つものはなかった。農研機構 野菜茶業研究所は青枯病、疫病抵抗性の「台パワー（2011 年登録）」を育成し、少しずつ利用が始まっている。

ピーマンに発生するタバコモザイクウイルスは、従来はタバコモザイクウイルス（TMV）と混同されていたが、ペッパーマイルドモットルウイルス（PMMoV）に区別されるようになった。PMMoV は土壌伝染しピーマンにモザイク病を引き起こし、激しい被害を引き起こす。防除法としてはメチルブロマイドに

注：細胞質が花粉の不稔に関する形質。普通型細胞質であれば核内遺伝子がどのような組合せでも花粉は出来るが、雄性不稔型細胞質では通常の核内遺伝子組合せで花粉が不稔になる。雄性不稔型細胞質で花粉稔性を回復する稔性回復遺伝子を持たせる必要がある。種子親の除雄の必要がないため、F₁ 採種に良く使われる。

表Ⅱ-3 トウガラシのトバモウイルスストレインと抵抗性遺伝子との関係

トバモウイルス 抵抗性遺伝子	ToMV (P ₀)	PMMoV (P _{1,2})	PMMoV (P _{1,2,3})	青果用品種	台木用品種
-	×	×	×	三重みどり、主要な在来トウガラシ、シシトウ	トウガラシ安濃交2号(平成26年品種登録出願)
L ¹	○	×	×	エース、京みどり等	
L ³	○	○	×	京鈴、主要なピーマン品種	バギー、台パワー、ベルマサリ
L ⁴	○	○	○	L4京鈴、スペシャル	トウガラシ安濃交1号(平成26年品種登録出願)

注：○は抵抗性があり、×は罹病性があることを示す。

よる土壌消毒が有効であったが、2005年に不可欠用途以外は使用禁止となり、不可欠用途においても土壌消毒用は2012年で全廃になった。このため、トウガラシ近縁種を利用したモザイク病(PMMoV)抵抗性育種が進められ、各社から抵抗性品種が発表された(表Ⅱ-3)。

しかし、1998年頃に新開発の抵抗性品種にモザイクを引き起こすウイルス株の発生が確認された。農研機構 野菜茶業研究所では野生種のカプシカム・チャコエンセを用いたPMMoV抵抗性育種を実施していたが、その系統が新発生ウイルス株に抵抗性を示すことが分かったため、農林水産省の競争的資金を活用し民間企業と共同でPMMoVに最強の抵抗性を有する我が国初の実用品種「TL4-027(2011年登録、通称「L⁴京鈴」)」を育成した。同品種は新ウイルス株の発生を避けるため、カタログには載せられているが、地域限定販売とされている。PMMoV抵抗性はトマトと同じ過敏感反応型で、穂木と台木で抵抗性遺伝子型が異なると急速に萎凋することがある。そこで、各遺伝子型に適応した青枯病・疫病強度抵抗性の台木用品種のラインナップが進められている。

カラーピーマン(パプリカ)は多くは生果が輸入され、国内で栽培するとしても海外品種しかなかったが、近年では国内でも品種開発が進んでおり、選択肢が広がってきている。

TSWVやCMVも重要病害であるが、現状では対応できる系統がないため、媒介虫の防除が唯一の対策である。世界的に見るとトマトのTYLCVに似たウイルスがインドネシアでトウガラシに蔓延しているという。確認は出来ていないがタバココナジ

ラミにより媒介されるとのことであり、上陸すれば甚大な被害をもたらすので注意を要する。

4) キュウリ

抵抗性育種の歴史が長く、F₁品種では、斑点細菌病、褐斑病、うどんこ病、べと病、黒星病、キュウリモザイクウイルス(CMV)などに耐病性のある品種が多くなっているが、免疫的な抵抗性を有している訳ではないので、生育が衰えたり、発病しやすい環境になれば発生してくる。また、アブラムシによって伝搬するズッキーニ黄斑モザイクウイルス(ZYMV)についても、抵抗性のものが開発されてきている。

一方、土壌伝染性のつる割病及びネコブセンチュウには有効な抵抗性素材がない。土壌消毒をしても自根では防ぎにくいので、カボチャに接ぎ木をして回避するのが一般的である。台木用としては「新土佐」、クロダネカボチャ、ニホンカボチャなどが使われる。キュウリの果実の表面には白い粉のようなブルームがつき、台木の種類によりこのブルームが発生しないことが明らかになってきた。このブルームの発生がない方が見栄えが良いため、現在ではブルームレス台木が選択されることがほとんどある。ブルームレス台木はニホンカボチャであるが、「新土佐」やクロダネカボチャよりは低温伸長性に劣り、穂木品種でうどんこ病や褐斑病の発生が多くなるなどの問題もある。また最近、ホモプシス根腐病が発生し問題となっているが、本病害に対してブルームレス台木は弱く、クロダネカボチャが強い。

キュウリ黄化えそ病はミナミキイロアザミウマに

よって媒介されるメロン黄化えそウイルス（MYSV）によって引き起こされる。MYSVは汁液伝染はし難いので、管理作業で広がることはないが、キュウリ以外のウリ科作物、ペチュニアやカタバミ等の雑草にも感染するため、媒介虫の発生が多いと蔓延しやすい。そこで、農研機構 野菜茶業研究所ではMYSVに感染しても、病徴がマイルドで減収率が小さく、感染源ともなり難い系統の開発を行っている。

熊本県北部で2004年秋にメロン、キュウリで葉が黄化する原因不明の「黄化症」が発生した。既知ウイルスの存在は認められず、当初は生理障害とされたが、収穫皆無となった産地も多く、大変な問題となった。農林水産省の高度化事業「果菜類の新規コナジラミ（バイオタイプQ）等防除技術」において農研機構九州沖縄農業研究センター及び九州各県の担当者の努力により、それがタバココナジラミが媒介する国際的に未発見のクリニウイルスによるものであることが明らかとなった。新発見であるため、病害にはキュウリ退緑黄化病、ウイルスにはウリ類退緑黄化ウイルス（CCYV）の名称が与えられ、トマトと同じく、タバココナジラミの施設内侵入を防ぐ対策がとられた。ウイルス病であることが確定したとほぼ同時に抵抗性素材検索はスタートしているが、まだ、十分には機能していない。従って今のところ、タバココナジラミが蔓延しないようにするしかない。抵抗性素材が見つかっていない、キュウリ緑斑モザイクウイルス（KGMMV）についても、一次感染源となる種子伝染防止と罹病植物残渣から防ぐなどの対策を講じる必要がある。

国内のキュウリは生産地と消費地を結ぶという供給体制のもとで、形状や大きさが著しく画一化された。今では長さ20cm、重さ100g、曲がり1.6cm以内でイボがとれていないことが必要とされている。また、日本ではキュウリは生食か漬け物としての利用のため、シャキシャキ感が重要で、諸外国の品種とは一線を画する。日本の品種はほぼ完全な単為結果性を有し全雌系の導入も進んでいるので、曲がり果の発生はほとんど無い。しかしながら、

成長最盛期に果実を収穫し、規格に納めねばならない苦労は解消されない。そこで200g位で収穫するキュウリの実用化が検討されたが、市場には受け入れられなかった。

キュウリのイボは収穫後の運搬等により取れてしまうことが多い。そこで初めからイボのない「フリーダム」が育成された。イボがないことで洗浄が容易で菌やゴミが付きにくい等のメリットがあり、大手スーパーが夏の冷やし中華用に取り入れるなど一定の地歩を固めている。農研機構 野菜茶業研究所ではイボがないだけでなく、ブルームも発生せず、植物体全体が無毛の「きゅうり中間母本農6号」を育成した。今後、加工・業務用等への利用が期待されている。一方、イボが非常に多く肉質の良い「四葉」の特徴を生かした品種も育成されている。

5) カボチャ

食用として栽培されるカボチャにはセイヨウカボチャ、ニホンカボチャ、ペポカボチャの3種がある。セイヨウカボチャは「えびす」、「みやこ」等最も一般的に利用される種である。ニホンカボチャの代表は日向カボチャである。ペポカボチャには様々なものがあり「金糸瓜」、「テーブルクイーン」などがある。ズッキーニやおもちゃカボチャもペポカボチャである。セイヨウカボチャとニホンカボチャの雑種が利用されることもある。

カボチャは各種の病害に強いので、病害抵抗性育種が実施された例はほとんどない。青果として有用性の高いセイヨウカボチャは、ニホンカボチャやペポカボチャに比べうどんこ病等各種の病害に弱いので、種間雑種による改良が試みられたことはあるが、成功例はない。

カボチャはつるが長く伸び、側枝除去は大変重労働な管理作業である。そこで、初期につるが伸びにくく株元に着果しやすいつるなし性を利用した「つるなしやっこ」が開発された。省力的で多収であるが、果肉質が粘質であるため経済栽培はされていない。そこで、農研機構 北海道農業研究センターと渡辺採種場はつるなし性を有し、粉質

度や乾物率の高い「ほっとけ栗たん」を育成した。省力性や多収性が評価され、現在の栽培面積は150haを超えている。さらに改良した品種や加工・業務用の品種を準備しており、今後期待できる。

カボチャの種子はナッツとして利用される。農研機構 北海道農業研究センターは種子に殻がなく、生育初期に短節間性で、従来の種子用品種より2倍以上の種子収量のある「ストライプペポ」を開発した。広く普及する品種ではないが、食用種子生産コストは明らかに安くなるので、町おこしや製品の輸出にも繋がる可能性がある。

3. 品種選択と自家育種・採種法

1) 有機栽培に適した品種選択

有機栽培では、土壌の総合的な作物生産力（地力）を高める土づくりと、栽培環境や生産目標に適合した品種の選択が重要な基本技術となる。

有機栽培に適した品種の選択は、①情報収集と試作品種の絞り込み、②試作と観察・評価、③選択した品種により適した栽培管理法の検討の3段階に分けて進める。

情報収集に当たっては、まず多数の品種の中から、栽培圃場の作付体系、作型、栽培様式（施設やハウス栽培か露地栽培か等）及び圃場・土壌条件等を考慮して、対応している生態的栽培環境や耐病虫害性、果実特性等について適応する品種を複数選ぶ。普及指導機関や有機農業グループ、各地で行われている有機農業者による種苗交換会、出荷先や市場関係者などの意見も参考にする。

試作においては、地力を有効利用できる根張りの良い品種選定が可能となるように、元肥を減らした条件下で栽培する。有機質肥料施用の目安として、例えばトマトでは、無施肥で畝立て等の圃場準備を進めた場合に定植時の無機態窒素が5mg/100g（乾土）を超えて発現することが予測される圃場（前作までの蓄積や残効が多い圃場）では、元肥は無施用もしくは窒素分量で2kg/10a以下とし、定植時に窒素が2mg/100g乾土以下しか発現がない圃場であれば、有機質資

材は窒素分量で5～6kg/10aを目安として施用する。作物と土壌条件（土性やCEC、作土層の厚さ、有機栽培履歴、堆肥の連用による可給態窒素の蓄積等）により元肥として必要な量は異なるので、作物各々の養分吸収量・吸収特性を考慮し、有機質肥料を用いた青果栽培で十分な生育量を確保できる元肥量の半量から6割程度を目安にする。ピーマンの収量目標2t/10a程度であれば、窒素吸収量は10kgN/10a程度であり、有機栽培において15kgN/10a程度を堆肥や有機質肥料を用いて施用しているとすると、元肥投入量の目安は8kgN/10a程度とし、さらに施肥前に土壌診断を行い、無機態窒素の残効がある場合はその分を差し引いて元肥量を決定する。

無機態窒素量がやや少ない条件下でも生育量が確保され、収量性の高い品種は、初期生育期に広い根域を確保でき、地力を有効に利用できる根張りの良い品種と考えられる。また、低施肥条件下では、着果負担の増大によって肥切れや成り疲れのような生理状態に陥りやすい。例えば、うどんこ病抵抗性のキュウリやメロン、葉かび病抵抗性のトマト品種であっても、過度の着果負担がかかっている状態では、それらの病害に罹病することがある。このような方法による試作を通して、遺伝的に抵抗性/耐病性を保有していても、実際の栽培環境下においても安定して健全な作物体を維持できるかどうかをチェックする。収穫量のピークや成り疲れの出やすさ、果実の形状や品質についても収穫期間全体を通して評価する。

試作と評価を経て、目標に合う品種が見い出されたら、品種特性に合わせた栽培管理法について検討を行う。育苗方法や栽植密度、整枝・誘引、肥培管理などの当年の管理作業に加え、より品種特性を生かすことのできる作付体系の構築も考えて行く。例えば、緑肥作物の裏作、トウモロコシや大豆等との輪作など粗大有機物を還元して地力を高め、クモやアマガエルなどの広食性天敵を増やす作付体系を目指す。野菜の栽培を単独で考えるのではなく、圃場全体・栽培時期全体で多様な生物が安定して生息し、生物活動を通じた



写真Ⅱ-1 トマト-コムギ間作及びリビングマルチ栽培
コムギ間作により風からトマトを守り、クローバ類のリビングマルチにより、テントウムシやクモなどの天敵を誘引する効果を期待する。

物質循環（養分供給）が行われる環境づくりを進めることが重要である（写真Ⅱ-1）。

特に、固定品種や在来品種などの病虫害抵抗性/耐病性を保有しない品種を利用していく場合は、病虫害が単独で異常増殖しないように、前述したような生態系を重視した圃場環境の構築に十分に留意していく必要がある。

2) 自家育種の手順

試作結果から見出された固定品種や在来品種を継続して利用するために、品種の特徴を維持しながら自家採種をしようという場合、あるいは優良な市販交配種を素材として自家育種を進めてオリ

ジナル品種を育成しようとする場合、適合する品種が見つからず幾つかの素材をもとにしてオリジナル品種を育成しようという場合は、自家育種を指向していくことになる。

自家育種は、何のために自家育種に取り組むのかという基本方針・目的を明確にした上で、以下のような手順を進める。

- ①育種目標の設定と育種素材・育種手法の検討
- ②選抜と固定
- ③種子の増殖と栽培方法の検討

育種目標は、品種の特徴を示す形質について維持あるいは改良したい特性について具体的に設定する。例えば、モザイクウイルスやうどんこ病などへの病害抵抗性、葉の枯れ上がりの遅さ、果実の大きさや形状、色、食味、作型や栽培環境への適応性などである。

次に、その目標を実現するための育種素材について、その素材系統がそのまま新品種として利用できる（導入育種法）のか、何らかの遺伝的な改良操作（分離育種法、交雑育種法）を行う必要があるのかを検討し、育種手法を決定する。導入した育種素材に改良したい形質が見出されなかったり、幾つかの品種に必要な形質が分かれて

【参考】分離育種法と交雑育種法

◆分離育種法

分離育種法は、雑ばくな在来種、固定種、交雑後代の中に見出された優良個体を集団から分離して純系化し、有用性を確認して新品種とする方法である。

純系分離法 トマト、ダイズ、インゲンなどの自殖性作物では、雑ばくな品種には多数の純系系統が混ざって雑ばく性を示していることが普通である。これらの品種について、形質の異なる個体ごとに採種して、翌年にそれらを別系統として分けて栽培する、分系という操作を行う。そして分系して得られた複数の系統を比較栽培し、育種目標にかなう優良系統を選抜する。この選抜方法を純系分離（選抜）法という。

系統分離法 他殖性の場合、ある素材品種内に幾つかの優良個体が見出された場合、それら複数の優良個体から個別に採種を行い、次世代を系統として比較栽培し、優良系統を選抜する。これを系統分離法という。

◆交雑育種法

複数の素材品種や系統をかけ合わせて、新しい遺伝子型の組合せを持つ育種素材を作出し、その中に見出される優良個体から系統選抜を行って新品種を育成する方法である。F₁品種は2つの育種素材を掛け合わせたものと見なせることから、F₁後代からの固定品種の作成は交雑育種法と見なすことができる。

存在していたり、不良形質を併せ持っていてそれを同時に除く必要がある場合は、幾つかの育種素材を掛け合わせる交雑育種法（交配種後代を固定する場合もこれに該当する）を採用する。

選抜と固定は、育種素材を育種手法に従って栽培・選抜を行い、必要に応じて袋掛けを行う（他殖性作物の場合）などして隔離採種を行い、世代を進めていく過程である。栽培は改良したい形質が発現できる栽培方法が必要であり、適期に選抜が行えるように作型と作期、圃場条件を設定する。

交配種を素材にした場合や交雑育種では、若い世代（F₂～F₄）では諸形質がそれぞれ分離するため、草姿や果実形状も揃いにくい。若い世代の中から優良個体を見出すためには、数十から百株くらいの個体を観察する必要がある。このため、個々の農家が慣行栽培と育種とを両立させることは難しいが、産消提携型や直売型の出荷など、果実形質のバラツキを許容できる場合には、生産現場での品種育成も可能となる。

分離育種法による育種において比較的似通った系統を選抜しようという場合や、交雑育種におけるF₃世代以降など固定種化してきた段階では、より適応性の高い系統を見出すために複数の栽培環境で比較し、どの環境でも安定して生育し、収量の安定した系統を選ぶことが有効である。このため、地域の有機栽培仲間で、育種に取り組むグループをつくり、共同で選抜や採種を行うと良い。

選抜に当たっては、常に対照品種を同時に栽培し、対照品種との比較によって、育成系統の能力を評価する。育種素材・育種手法によって固定までの年数・世代数は大きく異なる。一般に、分離育種法では2～4年、交雑育種法では5～6年で主要形質は固定してることが多い。固定度を見極めるのは、どの程度の揃い性を求めるかと関連する。通常は世代を進めた系統と1つ前世代の系統を同時に栽

培し、世代促進による変化がほとんどなくなれば、固定したと見なす。

野菜の受精様式と自然交雑の程度（表Ⅱ-4）により、隔離採種の方法は異なり、近交弱勢（自殖弱勢）の程度によって品種の維持に必要な集団サイズは異なる（表Ⅱ-5）。近交弱勢とは、遺伝的に近親なもの間で交配を行った際に、次世代において草勢や根張りなど生育全般が弱まる現象で、作物種によって弱勢化の程度は様々である。自殖性作物は近交弱勢がほとんど見られず、少数個体での品種維持が可能であるが、ほぼ完全に他殖となる作物（アブラナ科野菜やニンジン、タマネギ等）では、近交弱勢が起こりやすく、品種の維持のためにはある程度の個体数の集団で維持しなければならない。果菜類は近交弱勢の少ない作物であるため、少数個体での系統育成や品種維持が可能である。

すなわち、トマトやサヤエンドウ、インゲン、エ

表Ⅱ-4 作物の自然交雑率（中川原・石綿2009）

受精方法	作物	自然交雑率	
自殖性作物	ダイズ オオムギ アサガオ スマレ インゲン ラッカセイ	1%以下	
	イネ コムギ	1～2%	
	トマト	3～4%	
	レタス	1～5%	
	シソ エゴマ	5%	
	部分他殖性作物	モロコシ	5～6%
		ピーマン ナス ソラマメ	10～20%
オクラ		4～42%	
ワタ		5～10%	
マメ科牧草		7～40%	
他殖性作物	キュウリ、メロン、カボチャ、スイカ、ネギ、タマネギ、タカナ、カラシナ、ナタネ	50%以上 (近交弱勢が少ない)	
	トウモロコシ オーチャードグラス イタリアンライグラス ダイコン、カブ、キャベツ、ブロッコリー、ハクサイ、ツケナ類、ニンジン、タマネギ、ソバ	90%以上 (近交弱勢が起きやすく、他殖のための仕組みあり)	

表Ⅱ-5 品種維持に必要な採種規模（中川原・石綿2009）

タイプ	作物
少数母本による維持が可能	トマト、ナス、トウガラシ、キュウリ、スイカ、メロン、カボチャ、インゲン、エンドウ、ラッカセイ、レタス
最低10～20株程度の母本の花粉が自由交配することが必要	ダイコン、カブ、ハクサイ、コマツナ、キャベツ、ネギ
20株以上(多いほどよい)の花粉が自由交配することが必要	タマネギ、ニンジン、トウモロコシ

ダマメのような自殖性作物は異系統・異品種と近接して栽培していても、優良株の完熟果をそのまま採種果とすることができる。ウリ科作物は通常は他家受精が多く、ナスやピーマンも訪花昆虫の多い圃場では花粉が混ざり合って自然交雑が多くなる（部分他家受精）ため、これらの作物では、複数の品種を採種したい場合には、圃場を十分に離して栽培する（表Ⅱ-6）か、袋掛けによって、選抜個体の自殖や選抜個体間の姉妹間交配の種子を採るようにする。

固定度が高まり、育種目標通りの系統が得られたら、種子の増殖を図る。果菜類の種子は一般に長命のものが多いため、毎年少量の採種を行うよりも、何年分かの量を1度に確実に採種した方が、交雑や混入などによる品種の遺伝的変異のり

表Ⅱ-6 露地圃場における異品種との隔離距離の目安
(中川原・石綿2009)

隔離距離	受精の仕組み	作物の種類
数m	自家受精主体	ダイズ、アズキ、インゲン、ラッカセイ、エンドウ、コムギ、イネ、トマト
10m～50m	部分他家受精	ナス、トウガラシ、オクラ、シソ、レタス、ゴボウ、ヒマワリ
100m～500m	他家受精主体	キュウリ、メロン、カボチャ、スイカ、ネギ
1km以上	ほぼ完全に他家受精	ハクサイ、カブ、ダイコン、キャベツ、ニンジン、トウモロコシ、ソバ、タマネギ

表Ⅱ-7 野菜種子の寿命

(そ菜種子生産研究会 1978)

5年以上	トマト、ナス、スイカ
3-4年	ダイコン、カブ、ハクサイ、ツケナ類、キュウリ、カボチャ
2-3年	キャベツ、レタス、ホウレンソウ、インゲン、エンドウ、ソラマメ、ドウガラシ類
1-2年	ネギ、タマネギ、ニンジン、ミツバ、ラッカセイ

※但し、乾燥剤を入れた容器に密閉し、10℃以下(0℃以上)で低温保管した場合の目安。

表Ⅱ-8 果菜類種子の薬剤を用いない消毒法の例

作物名	病害名	消毒方法	処理条件		
トマト	萎ちよう病レース1	温湯浸漬	54℃/30分	55℃/25分	60℃/15分
	半身萎ちよう病	温湯浸漬	45-50℃/30分		
	かいよう病	温湯浸漬	50℃/60分	55℃/30分	60℃/15分
ナス	褐紋病	温湯浸漬	50℃/30分	55℃/10分	
	半身萎ちよう病	温湯浸漬	49-52℃/30分		
キュウリ	斑点細菌病	温湯浸漬	50℃/60分	54℃/20分	
	炭疽病	温湯浸漬	58℃/20分	60℃/15分	
スイカ	つる割病	温湯浸漬	55℃/30分		
ユウガオ	つる割病	温湯浸漬	55℃/30分	57℃/20分	60℃/10分
カボチャ	立枯病	温湯浸漬	55℃/15分		
トマト	萎ちよう病レース1	乾熱処理	40℃/1日→75℃/7日	75℃/7日	
	根腐萎ちよう病	乾熱処理	40℃/1日→75℃/7日		
	葉かび病	乾熱処理	70℃/3日		
	かいよう病	乾熱処理	70℃/4日	80℃/3日	85℃/1日
	ToMV	乾熱処理	53℃/2日→80℃/2日	70℃/70日	72℃/22日
ピーマン	PMMoV	乾熱処理	70℃/3日		
キュウリ	黒星病	乾熱処理	70℃/2日		
	斑点細菌病	乾熱処理	75-78℃/5日		
	KGMMV	乾熱処理	52℃/3日→80℃/1日	70℃/6日	
メロン	つる割病	乾熱処理	70℃/5日		
	つる割病レース1,2y	乾熱処理	75℃/10日		
	CGMMV	乾熱処理	70℃/7日		
スイカ	炭疽病	乾熱処理	70℃/2日		
	CGMMV	乾熱処理	70℃/3日	73℃/2日	
ユウガオ	つる割病	乾熱処理	40℃/1日→75℃/7日	80℃/5日	
	CGMMV	乾熱処理	70℃/3日	73℃/2日	
カボチャ	立枯病	乾熱処理	75℃/3日	80℃/2日	

注：処理条件が複数列記してあるものはより高温長時間のものとした。
(愛知県農林水産部 2014 から作成)

スクが少ない。種子のおおよその寿命を表Ⅱ-7に示す。種子は十分に乾燥させたものを乾燥剤と共に密閉容器に入れ、冷蔵庫で保管すると発芽率の低下が少ない。

採種に当たっては、健全な採種株の無病の果実から種子を採るのが基本である。また、種子への病原体の付着が疑われ、その種子を使わざるを得ない場合は、播種前に必要な分量について、温湯浸法もしくは乾熱処理による種子消毒を行う(表Ⅱ-8)。種子を乾かす際には、汚染防止のため、“むしろ”や“ござ”は使用しない。

3) 主な果菜類の自家育種・採種法と留意点

(1) トマト

トマトは自殖性作物なので異品種を隣同士に植えてもほとんど交雑することはない。また、完熟果を収穫するので、ナスやピーマンのように自家採種のために特別な完熟果を着ける必要がなく、自家採種の入門野菜と言える。育種素材は複合抵抗性や耐裂果性を備えた品種を選ぶが、着果がよく樹勢が強い小玉や中玉品種が有機栽培に適している。自殖性作物の場合は、F₁品種でも母本を選ぶ特性を定めて選抜・採種を繰り返せば、数年でばらつきが少なくなり、固定種になる。

母本選抜のポイントは、茎の太さが適度で、節間が中庸に伸び、心止まりや異常茎を起こさないものが栽培容易なものと言える。施肥を控えた栽培では、採種果の着果負担によって樹勢が低下し、下葉が黄化脱落することがある。採種果の負担に負けずに最後まで健全な生育を示す個体を選ぶと良い。

トマトは果実の形質が最も重要である。果形、果色、大きさ、肉質、硬さ、食味、糖度と酸味のバランス、子室数、生理障害(裂果、尻腐れ果、すじ腐れ果、乱形果など)の出やすさなどを調べ、

品種固有の特徴を有している個体を選ぶ。1回の調査でなく、栽培期間を通しての安定性や揃い性にも留意する。また、トマトモザイクウイルスなどの種子伝染性のウイルスに罹病した株から採種すると発芽時に感染することがあるので、罹病していない株から母本を選ぶ。また、裂果や傷、腐りのない果実から種を採ることも重要である。

採種果は果全体が着色し完熟するまで株に着けておき、着果から40-50日を目安に収穫する。採種果は7-10日間室内で追熟させる。種子の取り出しは、果実を切り、スプーンなどを用いて子室部のゼリー状物質ごと種子をかき出す。その際に水が入らないように注意する。かき出した種子はポリ袋に入れて2日間程度室温で自然発酵させる。種子をボールに入れ水を入れると果肉やゼリー状物質の残骸は水に浮き、種子は沈むので容易に種子を分離できる。すすぎは充分に行う。種子よりも目の細かい防虫ネットなどを切ったものを用いて水をきり、乾燥させる。5日程度天日で干し、充分に乾燥させる。

(2) ナス

ナスは古くから重要な野菜として全国で栽培されていたので多くの在来種が成立し、現在でもそれぞれその地方の特産品になっているものが多い。ナスの特徴は、地域の数だけ品種があり、品種の数だけ食べ方があるというくらい多様性があり、気候風土・栽培・食べ方・用途に合わせて多様な特徴が求められ、また品種に合わせて様々な栽培や利用方法が発達してきた。現在でも野菜の中では在来種が多く残っており、自家採種素材の豊富な野菜である。

ナスは10-20%の自然交雑が見られることから、部分他殖性作物である。異品種を同一圃場で採種する場合には、袋掛けを行う。初めは一般の青

【参考】[トマトの自家育種・採種に適した品種]

大玉品種：ポンテローザ、世界一、愛知ファースト(愛知県)、自生え大玉(自然農法センター)

中玉品種：ブラジルクック(自然農法センター、調理用)

小玉品種：チャコ(自然農法センター)、ブラジルミニ(自然農法センター)

【参考】[ナスの自家育種・採種に適した品種]

小丸：民田（山形県）

丸：小布施丸（長野県）、在来青ナス（自然農法センター）、賀茂なす（京都府）

巾着：信越水ナス（自然農法センター）

卵：早生真黒（埼玉県）、山科（京都府）、泉州水茄子（大阪府）

中長：橘田中長（愛知県）、立石中長茄子（福井県）

長：仙台長（宮城県）

大長：久留米大長（九州）

果栽培と同様に未熟果を収穫しながら株の充実を図り、成り疲れになる前の最も草勢の充実した時期に、樹勢、草姿、果形、大きさ、果色、果皮や果肉の硬さ、肉質、食味など品種の特徴をよく現している株を選び、収穫を止めて採種果を着ける。ナスは種子の1果採種量が多いので、小規模採種では、採種株は1〜2株あれば充分である。また、採種果も1〜3果着ければよい。採種果を着けた株は枝の伸長が鈍り、落果も多くなるので、通常の収穫は中止する方がよい。

採種果は品種固有の大きさまで肥大すると、次第にナス特有の黒紫色や果実の光沢がなくなり、60日程度で黄褐色の成熟果になる。採種果は納屋などで1カ月以上追熟し全体に乾燥が進んで皮にしわがよってくるまで十分に追熟させる。種子の取り出しは、果皮に損傷がない場合は、果皮を破らないように果実を手で揉んで、果肉を半練り状になるまで軟化させてから、果肉を取り出す。果皮に損傷があつて揉み込みができない場合は、皮を剥ぎ果肉を角切りにしてから果肉を潰し種子を揉み出す。十分に揉み出した後に、果肉ごと水洗いすると、果肉は浮き、種子は沈むので、果肉と種子を分離できる。すすぎは十分に行う。種子は5日程度天日で干し、十分に乾燥させる。

(3) ピーマン

トウガラシには辛味種と甘味種があり、ピーマンは甘味種で、果実がベル型の肉厚大果種と、一般に「ししとう」と呼ばれる薄肉小果種、その中間的なやや長めの円筒形で果皮が薄い中肉中果種と薄肉中果種がある。ピーマンの消費が伸びたのは第二次大戦後からで、在来獅子群（大獅子、三重みどり、ししとう系など）を除けば在来種は少ない。栽培は一代交配種が主流で、欧米型の大型肉厚果品種との交配で生まれた薄肉中果種が多く栽培されているが、近年カラーピーマンと呼ばれる、完熟果が赤・オレンジ・黄色などの大型肉厚果品種の栽培も増加している。

ピーマンはナスと同様に10〜20%の自然交雑が見られることから、部分他殖性作物である。異品種を同一圃場で採種する場合には、袋掛けを行う。初めは青果栽培同様に未熟果を収穫しながら株の充実を図り、成り疲れになる前の最も樹勢の充実した時期に、樹勢、草姿、果形、大きさ、果色、食味など品種の特徴をよく現している株を選ぶ。草姿は立性と開帳性があり、立性のものは栄養生長が強く、茎太で葉もよく茂る傾向があり、開帳性は生殖生長が強く、枝が細く着果肥大の早い物が多い。有機栽培には根張りのよい立性の品種が適している。母本株を選抜したら収穫を

【参考】[ピーマンの自家育種・採種に適した品種]

中長形：三重みどり（三重県）、伊勢ピーマン（三重県）

細長形：万願寺甘とう（自然農法センター）、伏見甘長（京都府）

円筒形：ししとう

ベル形：自生えピーマン（自然農法センター）、カリフォルニアワンダー、さきがけ（関東）

止めて採種果を着ける。

ピーマンは採種果でも大きくなり、ナスのように成り疲れが急激にこない、ある程度採種果数を確保したら、その後に着果したものは青果として収穫することもできる。ピーマンはモザイク病に弱く、一部のモザイクウイルスは種子伝染するので、葉にモザイク状のウイルス症状が見られたり、頂芽部が心止まり症状になったりした場合は、その個体を抜き取って焼却する。採種果は着果から50～60日で赤色に熟したら収穫し、7～10日程度追熟してから採取する。種の取り出しは、果実を割って種子をかき出す。ナスやトマトと異なり、水洗いせず、直ちに乾かす。

(4) キュウリ

キュウリは雌雄異花で、他殖性（50%以上）であるが、近交弱勢が比較的小さいので少数母本で品種の維持ができる。但し、自然交雑を防ぐには異品種との隔離距離が100～500m必要である。異品種を同一圃場で採種する場合は、袋掛けを行う。育種素材は少肥性で根張りがよく食味のよい品種が有機栽培に適する。

選ぶポイントは以下の通りである。

- ①側枝がよく発生し、ゆっくり成り込む飛成り型が栄養生長と生殖生長のバランスがよく、主枝雌花着生率が高い節成型より成り疲れが少なく少肥性である。
- ②節間短く茎太で葉が厚く萎れに強いものは根張りがよくつる持ちがよい。
- ③葉色、果色が暗緑色で果皮が厚いものはエグ味が強傾向があるので、鮮緑色で果肉がしまり歯切れのよいものを選ぶ。
- ④うどんこ病、べと病、褐斑病などに耐病性があるものを選ぶ。

採種果を着ける前に、青果栽培同様に2週間

ほど青果で収穫して、予め果実の形状を調べておく。有望な株を数株選び主枝中段または側枝に着生した雌花を採種用に着果させる。種を採る母本株の選抜は、生育初期から生育を観察して採種果が肥大する時期に行う。

選抜は樹勢、側枝の発生、雌花着生性、果形、大きさ、果色、食味など見て育種目標に適合した株を選び母本株とする。品種のばらつきが多い場合は、自殖の他に選抜個体間の株間交配も行う。

人工交配の手順は、開花前日の夕方、蕾が淡黄色になった雄花を、虫が入らないように止め金で花止めする。同じく蕾が淡黄色になった雌花にはハترون紙で袋掛けする。交配はやや早朝から9時頃までに行い、開花した雄花は花びらを取り、袋を外して雌花の柱頭に花粉を軽くなでるように着け、交配後も虫が入らないように花弁を止め金で止め、交配の印の糸を果梗に着ける。1株に1～3果程度着果させ、開花後40～50日で果皮が黄色等に熟してきたら収穫する。

1週間ほど日陰に置いて十分に追熟させてから種を取り出す。その時包丁で種子を傷つけないように果肉だけに切り目を入れて縦に割り、種、果汁、わたを一緒にボールにかき出し、ポリ袋に入れて一晩置き発酵させる。種洗いは翌日の午前中に行い、ザルや網袋に入れ手で揉みながら水洗いし、浮いたシイナやゴミなどを流し出し沈んだ種子だけを取り出す。種子は吸水しやすいので作業は手早く行う。種子は天日干しにして5日程度干し、十分に乾燥させる。1果から採れる種子量は200～300粒ほどである。

交配種から自家採種する場合、1年目の採種果は1～2果程度でよい。翌年の2世代目は形質が分離しばらつきが多くなるので少なくとも30株ほど栽培し、生育が良く、着果と側枝発生のバランスの良い株を3～5株程度選抜して自家交配

【参考】[キュウリの自家育種・採種に適した品種]

固定種：若緑地這（自然農法センター）、耐病霜知らず（自然農法センター）、四葉、相模半白
一代交配種：バテシラズ3号（自然農法センター）、バテシラズ2号（自然農法センター）、上高地（自然農法センター）

を行い、個体別（株別）に採種する。3 世代目から系統選抜を行うので、採種した 1 個体を 1 系統として扱い、系統別に栽培する。

系統選抜は、まず系統間で比較し最も強勢で果揃いの良い系統を選ぶ。次に、選抜した系統内で株間交配をした中から目立ったバラツキがない場合は、自家交配から株間交配に移して遺伝的多様性のある程度維持しながら優良個体（株）を数個体（株）選ぶ。次世代以降も同じように系統選抜と個体選抜を繰り返して表現型（果実の形状、側枝の出方、葉の大きさなどの外観）がある程度揃うまで継続し、系統間に差がなくなってきたら系統を混合して採種し固定種とする。

キュウリは果菜類の中でも、自家採種による育種が容易な作物であり、交配種からオリジナル品種を育成し出荷に利用している有機栽培農家が多い。栃木県茂木町で多品目の有機野菜を栽培する M 氏は、自然農法センターの交配種「バテシラズ 3 号」の後代から選抜を続け、4 年目で丈夫で作りやすく、食味もしゃきしゃき感のある美味しいキュウリを育成し、高収性もあり収益を上げている。これは F₁ から自家育種したことで後代に様々な分離個体が現れ、その中から、地域の有機栽培の条件に合ったオリジナルな系統を作出したもので、現場で生産者が選抜する自家育種のメリットが生かされている。

キュウリの自家育種が多い理由として、キュウリは未熟果を青果として収穫するため草姿にばらつきがあっても果実の長短を揃えればばらつきが目立たず、5 年程である程度揃うことが挙げられる。

(5) カボチャ

カボチャは雌雄異花で、他殖性（50%以上）であるが、近交弱勢が比較的小さいので少数母

本で品種の維持ができる。キュウリと同様に自然交雑を起しやすく、異品種が近くにあるとすぐ交雑して雑種をつくる。自家採種をする場合は袋掛けをして人工交配をする。カボチャは収穫果からそのまま採種ができるので、自家ダネとして自家用に利用されることが多い。

一般に普及している栗カボチャは一代交配種が多く、自家採種してもばらつきが多く出荷には不適である。しかし、近年、蔵王かぼちゃ（山形県）、宿讎南瓜（すくなかぼちゃ）（岐阜県）、清内路かぼちゃ（長野県）など自家用として栽培されてきた在来種が見直されてきており、各地域の直売所には自家採種と見られる様々な形や色の自家ダネカボチャを見かけるようになった。これらの中には貯蔵性が高く一般の F₁ 品種にない特徴のある食味のものや、うどんこ病に強いものを発見することがあり、自家育種に有用な素材である。在来種は交雑しているものが多いので、袋掛けをして自殖（自家受粉）をしたものから 2 - 3 年選抜を繰り返して形質を揃える。

人工交配の手順は、交配前日の夕方、翌日交配する蕾が淡黄色になった雌花にハチが入らないように袋をかぶせる。この時、花粉用雄花（蕾が淡黄色になったもの）を摘み取り雌花の袋の中に入れておく。交配は朝 5 時から 8 時頃までに行う。まず袋を外し、雄花の花びらをむいて花粉を雌花の柱頭に軽くたたきながらまんべんなくつける。交配後は袋を被せ、交配の印の糸を雌花節の茎に結んでおく。収穫の目安は果梗にひびができコルク状になり果皮が硬くなる頃で、十分に完熟させてから収穫する。

選抜は果実の外観（果形、大きさ、果皮色）と品質（肉質が粉質・粘質性、貯蔵性の早晩、肉色）を重点にして食味がよく出荷に適するもの

【参考】[カボチャの自家育種・採種に適した品種]

在来種：長野在来ハッピー（長野県）、清内路かぼちゃ（長野県）、蔵王かぼちゃ（山形県）、中山かぼちゃ（栃木県）

固定種：芳香青皮栗、打木赤皮甘栗（石川県）

一代交配種：かちわり（自然農法センター）、ケイセブン（自然農法センター）

を選ぶ。果実の貯蔵期間によって品質が変化するので、食味調査は収穫後1カ月毎に行い、適熟までの日数を記録しておく。食味調査は果実の中央部分を切り取り、その切片の果皮に釘などで番号をつけ、味付けせずにそのまま蒸して、肉質、甘さ、旨み、熟度などについて行い、早出しから貯蔵用まで利用時期に応じて選抜して種子を採取する。

採種果は1〜2カ月程度追熟してから種子とまわりのわたを一緒にかき出す。種子とわたを一緒に網袋に入れ、洗濯板やザルの上で流水をかけながら黄汁が出なくなるまで揉み洗いする。水洗い後ボールに移し水を入れ、浮いた種子を網ですくってザルに薄く広げ天日で5日程度干し、十分に乾燥させる。種子がよく乾くとオブラート状の薄い膜が種子からはがれ、種子を指で割ったときパチッと音がして2つに割れる。種子調製は箕を使って風選しながら軽い種子を吹き落とす。

なお、冬のカボチャは輸入ものが多いため、春まで貯蔵できる市販品種が少ない。そのため、有機栽培農家には冬に出荷できる貯蔵性の高いカ

ボチャを自家育種している人が多く、東北や高冷地の在来種を素材にしている。山形県の冬至カボチャ、長野県のバナナカボチャ、岐阜県の宿儺カボチャなどがあり、デリシヤス、ハッピードと栗カボチャの交雑系が多く、果形は紡錘形、洋ナシ形、バナナ形、扁円形など多彩である。

引用文献

- 1) そ菜種子生産研究会（1978）、『蔬菜の採種技術』、誠文堂新光社
- 2) 中川原敏雄・石綿薫（2009）、『自家採種入門』、農文協
- 3) 日本有機農業研究会（2009）、『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』
- 4) 日本有機農業研究会（2010）、『有機農業に使う種苗に関する生産・流通・利用実態調査（2）―自家採種を中心として―』、日本有機農業研究会
- 5) 日本有機農業研究会（2011）、『有機農業に使う種苗に関する生産・流通・利用実態調査（3）―生産・流通実態と在来品種の保存・警鐘を中心として―』、日本有機農業研究会

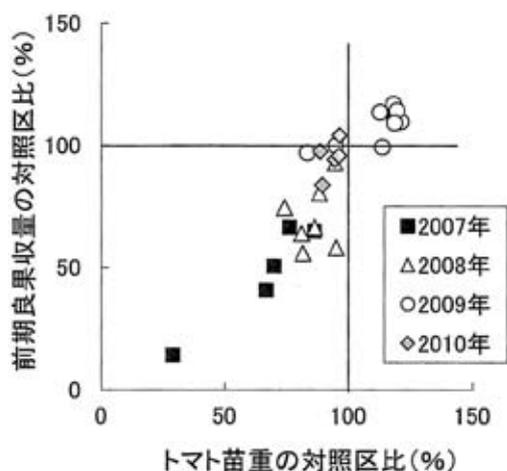
Ⅲ. 健苗の育成と初期生育の確保

1. 基本的な考え方

近年、慣行の果菜類栽培では育苗と本圃生産の分業化が進み、業者育成の購入苗を利用する例が増えてきている。有機栽培用の果菜苗においては、トマトとナスの一部で接ぎ木苗を購入して使う例が現れているが、自家育苗でまかなわれている例が多い。個々の有機栽培農家によって育苗の手法は実に様々で、技術的にもそのレベル差が大きい。多様な状況は、育苗用土、育苗環境、保温等の資材利用、管理手法、病害虫対策、苗の馴化等々、それぞれに現れており、統一的、体系的な技術として提示することは難しい。しかし、個々の有機栽培農家が抱える課題、考え方の基本はおおよそ共通している。

1) 健苗の育成

果菜類では昔から「苗半作」と言われ、苗の出来・不出来が圃場での初期生育及び収穫量に大きく影響するため重視されている。端的な例では、(地独)北海道立総合研究機構中央農業試験場の調査によれば、道内有機栽培農家の育苗培土を調査した結果、ほとんどが自家製であり、トマトの場合その苗重は慣行栽培の苗重より低く(図



図Ⅲ-1 トマト苗重と前期良果収穫量の関係 (富沢2013)

Ⅲ-1)、苗重と収量(特に前期良果収穫量)とが比例する関係があった(富沢2013)。

有機栽培では養分供給と病害虫回避対策において、化学合成肥料と化学合成農薬を使わないで行われることから、育苗用土の準備や育苗環境の整え方が健苗育成の重要なファクターとなる。育苗の考え方や手法においても慣行栽培と有機栽培では、技術的に大きく異なっている。

そもそも作物への養分供給について、慣行栽培では肥料が作物に直接的に養分を届けるとイメージして施肥設計をするのが一般的であるのに対し、有機栽培では「有機質肥料は土壌を肥やすもので、肥えた土が作物に養分を供給する」という考え方が根底にある。但し、有機栽培農家の全てがこの認識を持っているわけではなく、施肥の考え方、施肥管理作業は有機農業の世界でも多様である。従って、育苗用土の作り方、あるいは有機質肥料を混和するかしないか等、用土の違いが苗の素質に影響を及ぼすことがある。

こうした多様な姿があることを念頭に置いた上で、健苗を育てるための技術的な基本事項として以下の4点が挙げられる。

1点目は、有機栽培の育苗用土は基本的に土壌消毒が行われないことから、育苗用土中には多種多様な微生物あるいは小動物が生息しており、中には病原性を有する生物も混じる可能性があると考えなければならない。用土の作り方だけで苗生育が変わる可能性がある。健苗育成のためには用土中に拮抗微生物群を生息させて苗を守り、さらには強健な姿に育てるための養分供給機能をもたせる必要がある。健苗育成につながるような用土作りに努めることが重要である。

2点目は、苗の健全性は育苗環境が関わっており、微気象的要素、育苗施設内の生物の存在が課題となる。例えば、健苗育成が上手な有機栽培農家の育苗ハウス内は、意外に雑然としており、育苗施設内の隅々に害虫の天敵となるカエル

ヤトカゲ、クモなどが1年中棲みついていたりする。

3点目は、育苗管理の方法である。育苗床をどのように作るか、その温湿度管理、ずらしや馴化の段取りなどが課題となる。基本的な管理は慣行栽培と大きく違わないが、用土や苗床環境が異なると管理方法にも微妙なアレンジが必要になることがある。有機農業経営においては多品目栽培の事例が多い。その場合は、同時に複数種類の果菜苗を1つの苗床で管理することになり、特定の作物だけに焦点を当てた管理ができないため、どの作物にも対応できる管理法を採用しなければならない。また、本圃定植後のスムーズな活着を確保するためには馴化が重要な作業となる。有機栽培の本圃の条件は慣行栽培のそれより厳しいと想定し、より適応力の強い健苗の育成が必要である。

4点目は、病害虫と雑草対策である。病害虫対策の基本を用土と環境設定とし、さらに各種資材で補完して対策を行うことになる。防虫ネットやインセクタープランツ（天敵増殖植物）、生物農薬などを効果的に活用する。用土に生える雑草は基本的に手取りする。病原微生物と雑草を排除するために用土を熱処理することも考えられる。その場合には、高温性の拮抗微生物が生き残るような方法、例えば50～60℃の範囲で行う太陽熱処理または発酵熱処理（65℃以上にしない熱消毒）とする。

以上のような条件を整えて育てられる健苗とは、「育苗期間を通常よりやや長く設定し、茎太く、節間短く、固く育ち、根張りが多くて寒暖差と用土の乾燥に強く、用土には拮抗菌が棲み着いていて、定植後もしばらくは肥効を保つ根鉢の土があり、速効性の養分は乏しいが、低地温の本圃においても活着力の高い苗」ということになる。これが、有機栽培における健苗である。

2) 購入苗を用いる場合

接ぎ木苗を購入する例も増えてきている。有機栽培で育苗された苗を購入して利用する場合は、自家育苗とは違う対応を行う必要がある。すなわち、自家の栽培に向く苗を選んで購入できるかど

うか、その見極めが大切である。可能であれば育苗業者（共同育苗の場合はその担当者）と十分に綿密な打ち合わせを行って、定植後に問題が発生しないような健苗を入手する必要がある。自家育苗と同様、その要点は、病害虫対策、用土、管理方法、馴化が決め手になる。

病害虫対策は重要である。近年、苗流通が盛んになるにつれ、コナジラミ類、アザミウマ類などの微小昆虫やモザイク病などが購入苗を通じて拡散するケースが多く、多くの産地で指摘されているので、実績のある業者から購入するように十分な注意を払う。

セル苗で購入する場合は、入手後に鉢上げして定植時期まで自家育苗することになり、この場合は自家製用土の準備が必要である。

成苗を購入する場合は、鉢土の質を確認する必要がある。用土の素材と施肥の内容について、その情報もしっかり入手して苗への影響を認識、理解しておく必要がある。鉢用土に用いられている有機物が熟成堆肥である場合は、入手後及び定植後にも用土の地力が維持される可能性があるが、ピートモスやパーライト等の混和素材に有機肥料を混ぜ合わせただけの用土の場合は、肥切れによる活着不良、初期生育の停滞などが起こることがある。用土の地力（栄養地力、静菌作用などの緩衝力）がどこまで継続するか、定植後にも利用できる弁当肥は鉢土にあるか、などが重要である。この場合、地力は用土量と相関する。なるべく大きめの鉢で供給される大苗がよい。

業者の苗管理が過保護な場合は、苗の入手後にしばらくの間、自前で馴化を行うことが必要になる。購入苗では本圃定植後に、環境が激変することで起こる活着不良は避けなければならない。鉢土の地温管理と灌水量、換気など、本圃に近い環境条件を与え、できるだけストレス少なく植えられるように馴らす作業が必要になることも想定しておく。

総じて、前項で述べた「健苗」の姿に近い苗の入手が最も重要である。

2. 播種・育苗の方法

1) 育苗用土

(1) 熟成床土と促成床土

熟成床土は、稲わらや落ち葉に米糠などを添加して長期間をかけて腐熟させたもので、特に苗用の肥料を加えなくても2カ月近くを要する果菜類の育苗に使えるものをいう。素材としては、落ち葉を基材にする方法が基本であるが、積雪地域では落ち葉が使えないので、稲わらや萱（カヤ：ススキ、ヨシ等）が基材として用いられる。これらに米糠や油粕、鶏糞等を適量（重量比で3～5%程度）混ぜ合わせ、時に蛎殻や粕殻燻炭、草木灰などが2～3%程度加えられる。発酵熟成期間は1～2年をかける。堆積1年後のものを用いる場合は、篩（ふるい）にかけて使うが、2年を経過すると篩わなくても播種床に用いることができるようになる。この場合、熟成床土には熱消毒などを行わない。

後で紹介する「踏み込み温床」を利用する農家は、温床に踏み込んだ落ち葉や米糠、生草などが、熟成腐葉土としてそのまま翌年の用土となるため、苗床作りと用土作りを時間差を利用して同時に行える利点がある。さらに、拮抗微生物の働きを苗床と用土の両面で活用できる技法と言える。

堆肥中の微生物については、これまでに多くの研究が行われ、植物病原菌を抑制する多様なメカニズムの一部が解明されている。すなわち、①増殖活性の高い微生物が土壤中の養分を吸収してしまい病原菌を繁殖させない、②抗生物質を生産して病原菌生育を直接抑制する、③シデロフォア（鉄結合化合物）を生産して自己の鉄分吸収を高めるが病原菌に鉄分を与えず生育させない等である。

4種類の堆肥について病原菌に対する拮抗作用を調べた研究例では、堆肥を土壤に添加することにより、フザリウム、ピレノケータ、ピシウム、リゾクトニア属の病原糸状菌の生育を抑制する拮抗菌が、トマトの根表面で増殖すること、また、シデロフォアを生産する微生物が多いほど拮抗作用が

強いことが報告されている（Alvarez M. A. de Britoら1995）。農業現場において、個々の堆肥について拮抗菌の種類や数を調べることはできないが、熟成堆肥を製造し、観察により病害抑制能力が優れていると評価した場合は、それを「戻し堆肥」の材料とすることにより、有用微生物を継代培養し、効果の高い堆肥を連続して生産できると考えられる（堀1986）。

できた用土の栄養度はECで0.7～1.0くらいが目安となり、pHも6.5～7.0が期待できる。しかし、栄養地力の持続性はEC値だけで簡単に計れない。育苗期間中に徐々に可溶化してくる養分を期待できるのが熟成床土の特長である。

促成床土は、清潔な山土や畑の土（有機栽培の本圃、ハウスの作土）、または本圃の深土を基材として、ここに種々の堆肥やボカシ肥料（自家製、または市販の有機発酵肥料）などを加えて作り、その後すぐに使えるものをいう。しかし、熟成床土に比べて苗立枯病などの危険性が高いため、作ってすぐに使うことは避け、20～30日間（低温期はそれ以上の期間、使う有機物による）寝かせて土壌微生物相を安定化させ、拮抗菌の働きを喚起させてから用いるとよい。熟成床土と異なり、基材が貧栄養の土である場合は、長期育苗で肥切れを起こすことがあるので注意が必要である。基材



写真Ⅲ-1 促成床土の発芽試験

（提供：涌井義郎氏）

注：クヌギ、ナラの落ち葉と生ごみ処理機による生ごみ発酵処理物（N2%程度）を等量混合して6カ月発酵熟成させた堆肥を用い、深土（赤土）で希釈した用土で発芽試験を実施。

写真は左から15倍、10倍、5倍、3倍希釈区（表Ⅲ-1参照）。

表Ⅲ－１ 促成床土における野菜の発芽と生育（涌井・館野 2008）

（上段：発芽率％、下段：生育 5株重g）

希釈用土 ¹⁾	pH	EC mS/cm	発芽率と生育量 ²⁾					
			トマト	ナス	キュウリ	ヘチマ	インゲン	キャベツ
3倍希釈	7.1	3.10	0	0	0	0	0	0
			—	—	—	—	—	—
5倍希釈	7.1	1.98	67.5	55.0	92.5	10.0	40.0	85.0
			0.5	0.2	3.3	—	12.5	0.4
10倍希釈	7.1	0.93	100.0	92.5	72.5	16.7	60.0	100.0
			1.1	0.8	9.4	6.6	18.3	1.3
15倍希釈	7.0	0.71	98.0	95.0	95.0	40.0	80.0	96.7
			1.5	0.8	16.0	10.8	22.5	1.5

注：1) 写真Ⅲ－1の注に同じ。

2) 播種後14日目に調査（2001年7月）

を本圃の土や山土にする例が比較的多く、有機JASの認証を得やすい。

育苗用土を自家で作らず、すべて購入用土（市販育苗培土）に頼る例もある。購入用土には熟成タイプ、促成タイプ、消毒済みや無消毒のものなど様々あり、有機JAS適合か否かは当然として、それぞれの特徴を十分に確認して使うことが肝要である。

自家育苗に当たっては、土壤病原菌による汚染があると、定植後の生育に決定的な影響を与えることになるので、特に留意する必要があるが、前年に問題を起こしたり、有機栽培への参入直後や技術的・時間的にみて良質な熟成床土が作成できない時の対処法としては、太陽熱消毒を行ったり、熱水消毒によって応急的に対応することも次善の策として必要である。この場合、拮抗微生物が排除されるという問題はあるが、土壤消毒後に長期間熟成した堆肥やボカシあるいは速効性のある有機質肥料などを添加した育苗用土を用いることにより病害を回避する。

なお、農薬による土壤消毒が施されている販売培土は有機栽培には使用できず、未熟な資材を使っている培養土では25℃前後の発芽管理の途上でカビや病原菌が増殖することもある。このため、米糠の発酵力を活かして高温発酵させ、病原菌を死滅させる試みが行われてきた。福島県農業総合研究センターでは、「発酵熱を利用した有機栽培育苗用土の消毒法」を公表しているので（常

磐 2009）、参考技術情報として示した。

（2）微生物群の働き

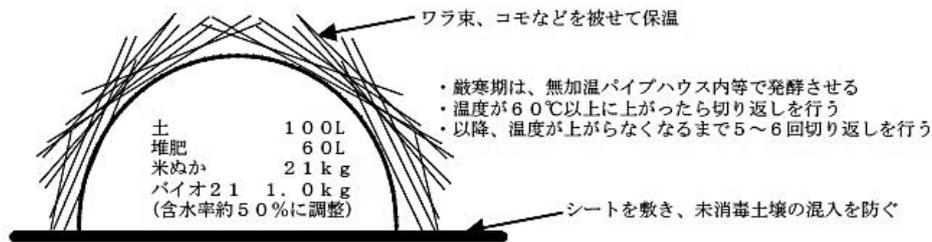
熟成床土、促成床土のいずれにあっても、健苗育成の最大のキーポイントが用土中の微生物群の働きにある。期待できるのは、病原菌への直接的な拮抗作用や静菌作用である。静菌作用は土壤中において糸状菌の胞子の発芽や菌糸の伸長が抑制される現象のことである。メカニズムとして、土壤中の制菌物質が糸状菌生育を直接的に抑制するものと、貧栄養条件による病原菌胞子の栄養消耗が提案されているが、どちらかという後者の栄養欠乏説が静菌作用の本質と考えられている（百町 1993）。熟成床土は、微生物発酵が十分行われ、微生物が利用できる成分がほとんどない状態であり、静菌作用が高いと考えられる。

さらに、菌根菌・エンドファイトと呼ばれる内生菌の侵入定着と有機栄養の供給、用土中の有機物分解を続けることによる持続的な養分供給、さらには有機物分解過程で産生するサイトカイニン等の植物生長調節物質の吸収効果も期待できる。

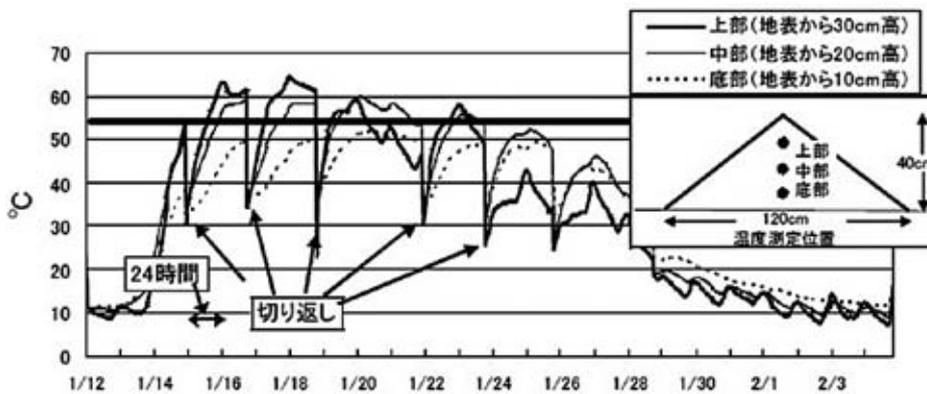
エンドファイトの接種共生を苗床で自然に行えることは、本圃定植後の健全な生育を保障する要点的1つである。エンドファイトについて、成澤（2011）は、①熟成床土のような無機養分が少ない環境でも有機栄養を吸収して植物に供給することができる、②植物が本来持つ病害防御機能を高める、③リンなどの吸収しにくい養分の吸収力を

【参考技術情報】発酵熱を利用した有機栽培育苗土の消毒法（要旨）

未熟な資材を使っている培養土では、25℃前後の発芽管理の途上でカビや病原菌が増殖することもある。このような場合に、米糠の発酵力を活かして高温発酵させ、病原菌を死滅させる試みが行われてきた。その技術の体型化を図るため、12月上中旬に行った研究結果によれば、トマト萎ちょう病菌死滅に必要な55℃連続12時間以上の発酵温度を確保するためには、土と堆肥の配合割合は1:1～2:1、米糠の量は2.6kg/20ℓ必要であり（図Ⅲ-2）、上中部の55℃以上合計時間が100時間以上になることから、2～3日おきに切り返しを行うことにより堆積物全体を高温状態にすることができると考えられ、未殺菌の培地との比較試験で防除効果を確認した。



図Ⅲ-2 実用規模での材料の配合比・発酵方法（常盤2009）



図Ⅲ-3 発酵中の温度の推移（2007年1月12日～2月5日）（常盤2009）

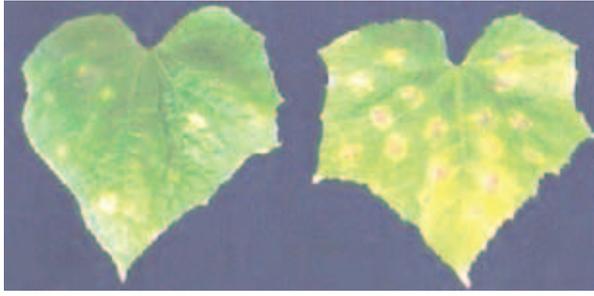
高める、④低温条件でも植物生育を促進させる、⑤植物ホルモンであるインドール酢酸を生産して植物細胞の伸長を促進する、⑥酸性土壌でも植物生育を可能にさせる、⑦植物を乾燥に強くさせる、⑧アブラムシなどへの耐虫性や耐線虫性を高める可能性がある等の効果を示しており、定植後の不良環境下で活着と初期生育を支えると考えられる。エンドファイトの中でも特に効果が高いものはPGPF（植物生育促進菌類）と呼ばれ、生育促進効果が高く（写真Ⅲ-2）、全身的抵抗性誘導が生じて防御機能が高まり、地上部での病菌胞子の発芽率をも低下させることができる（写真Ⅲ-3）。

このような用土中に生息する微生物群の有用性は、熟成床土を用いている有機栽培農家の育成



写真Ⅲ-2 PGPFによるキュウリ生育促進効果（百町2011）

（左の3つがPGPF処理区で右端は無処理区）



写真Ⅲ-3 PGPFによるキュウリ炭疽病に対する全身の抵抗性誘導（百町2011）

（左は病原菌とPGPFを接種、右は病原菌のみを接種しており、PGPFを根部に処理することで全身的に抵抗性が誘導され、葉に病原菌を接種しても病斑が広がらない）

苗が、育苗中はむろん、定植後も健全な生育を示している事実でも十分に裏付けられている。但し、「基本的な考え方」で述べたように、農家によって技術的なレベルに差があるため、その効果を十分に引き出せず、健苗育成になっていない事例もある。

2) 育苗温床の作り方

多品目の有機野菜を供給するタイプの農家では、晩霜を避けて果菜類の苗を定植し、夏までまたは秋にかけて収穫するという普通栽培で行われることが多い。また、ハウスを利用して半促成栽培を組み合わせ、普通栽培と併せて供給期間を広げる努力が行われている。このような場合には、かなり低温期からの育苗が必要であり、加温・保温のための育苗温床は不可欠である。

育苗温床には二通りの作り方がある。一つは慣行農家で従来から行われている電熱温床を有機栽培にも準用する方法であり、もう一つが育苗用土づくりと一体的に行う「踏み込み温床」である。

以下に「踏み込み温床」について具体的な方法を解説する。気候条件は関東を基準として解説した。なお、電熱温床の使い方については慣行栽培でも共通する広く周知された技術なのでここでは解説しない。

(1) 踏み込み温床の作り方、使い方

近代以前から行われている極めて優れた自然エネルギー活用技術として、踏み込み温床（醸熱

温床）という伝統的な苗床作りがある。簡単に言えば堆肥の発熱を利用した早春の育苗温床である。プラスチック資材が登場する以前の古い時代は、木材や竹、稲わら、油紙障子やわら蓆（むしろ）、菰（こも）などで苗床枠と保温被覆が行われていた。ビニールハウスが登場する以前は露地に温床が設置されたが、近年は育苗ハウス内に作られる。

温床枠を平土間に持ち上げる方法が一般的であるが、北陸や東北、北海道などでは温床の高さの半分から全部を掘り下げて半地下式や地下式にする例もある。

通常の堆肥と異なるのは、温度コントロールである。堆肥は70℃くらいまで高温になっても特に問題ないが、育苗床では苗の根の周辺地温を20～30℃くらいで安定的に、かつできるだけ長期間保たなくてはならない。このため、用いる素材の選択と含有水分量、発酵調節のための「踏み固め」など、試行錯誤をしつつ何回か経験を積み重ねて、その土地に応じた温床の作り方と運用の技術を身に付ける必要がある。

踏み込んだ有機物の発熱の目安は、当初おおよそ40℃とする。踏み固めた有機物の上に播種箱や育苗鉢を並べると、箱や鉢内の地温として25℃くらいを確保できる。このような発熱とその持続のための基材としては、落葉広葉樹の落ち葉が最も適切である。樹種はナラ、クヌギ、クリ、ケヤキなどが一般的である。降雨の後の少し濡れた落ち葉を集めてきておき、これに発酵促進材料として、米糠、油粕、鶏糞や牛糞、生草などを適量加え、水を含ませながら足で踏み固める。落ち葉と発酵促進材を交互に積み重ね、灌水して踏み込みを繰り返す。最終的に50cm程度の厚さを確保する（外界の気温や発酵材料やその混合割合によってはさらに厚みを増すことも行われる）。ここで当初の発熱を確実にする決め手は生草である。水分を含む野菜クズなどでもよい。早春の低温期に行う果菜類の育苗のためには、発熱を1カ月半くらい持続させたい。発熱を長く保つ好適材料が落ち葉である。

なお、発酵促進材をどの程度添加するか、灌水量はどのくらいかなどは具体的な数量や重量比を示すことができない。熟練農家で体験的に学び、その後に自ら試行錯誤しながら体得するほかない。マニュアル化が難しい技術の1つである。

落ち葉を使えない積雪地域では、稲わらが基材として用いられる。米糠などの発酵促進材の使い方は同じである。稲わらは落ち葉と比べて分解が早いため、発熱期間が概して短い。

温床の使い方としては、踏み固めた落ち葉床に直接、苗箱や鉢を並べてもよいが、凸凹で据わりが悪い。そこで水稻用の育苗箱の上に育苗鉢を並べたり、鉢花などの運搬用に使われるプラスチック籠などを活用したりする。落ち葉床の上に不織布や透水性の抑草シートなどを敷く方法もある。フィルムを敷くことは勧められない。苗への灌水時に余分な水分が落ち葉床に流れ込み、発熱床の水分補給につながることで、落ち葉床に棲みつく生物群と苗を遮断しないことに意味があり、フィルム利用はこれを障害してしまう。

保温方法は、電熱温床と同じである。トンネル被覆するプラスチックフィルムや不織布、保温マット等で温度を調節する。こうした保温用被覆資材に、害虫対策として用いられる防虫ネットが加わることがある。

電熱温床のような精密な温度調節はできないので、発熱床と苗箱や鉢の距離の取り方、保温資

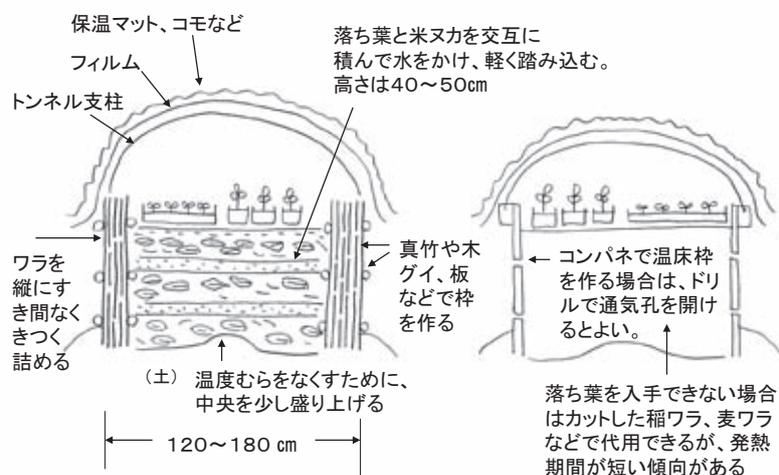
材の使い方などを工夫して、可能な範囲で温度調節を行う。多品目栽培の育苗では、苗齢の進んだ苗鉢と播種直後の箱やセルトレイなどをやむなく一緒に置く場合があり、苗齢に合わせた温度設定ができないことが多い。そうした育苗でも健苗育成がなされている事実があり、そのような苗床管理手法については、後述する。

(2) 踏み込み温床のメリット

踏み込み温床には、電熱温床では得られないメリットがある。それは、落ち葉と共に持ち込まれる多様な生き物が及ぼす健苗育成効果である。

1つ目は、有機物分解微生物群（発酵菌群）による拮抗作用で、上に置かれた野菜苗を病原菌から守る効果がある。足下の拮抗菌群は育苗中に苗の茎葉に付着し、根鉢の微生物群と共に本圃にも持ち込まれる。

2つ目は、やはり落ち葉に付着して育苗ハウス内に持ち込まれる小動物の働きである。主として徘徊性のクモが害虫の初期防除を担ってくれる。テントウムシ、ゴミムシの仲間、アブラバチの持ち込みも期待できる。従って、踏み込み温床ではアブラムシの発生が極めて少ない。さらに、カエルとカゲが入り込むことがあり、これらも種々の害虫退治に貢献する。早春の低温期に暖かいねぐらが提供されるのであるから、これらの小動物は、エサがあれば、ずっと居ついて働いてくれる。同様



図III-4 踏み込み温床の作り方 (涌井・館野2008)

にダンゴムシやコオロギなども入り込むことがあり、これらは増え過ぎると害虫となるので、注意が必要である。カエルがいれば、コオロギなども増え過ぎることがない。

カエルとトカゲを効果的に働かせるには、これらの隠れ場所が必要である。育苗ハウス内は適度に土間を残し、適度に天敵増殖植物（インターセクタープランツ）を生やしておく。この場合、これらの草生がアブラムシ類をはじめコナジラミ類、アザミウマ類などの害虫の増殖源となる危険性もあるので、注意して観察し、もし発生が見られたら速やかに除去する。また、ハウス内の土間全体をフィルムで覆ったりしない方がよい。ほかに育苗関連資材を適度に配置しておく、隅々に隠れ場所ができる。

3つ目は、1)の(1) 熟成床土と促成床土で述べたように、落ち葉床が腐葉土になって翌年の育苗用土に再利用できる利点がある。化学性、物理性、生物性ともに最良の育苗用土となる。踏み込み温床を利用している農家の最も現実的なメリットとして、育苗用土の確保を挙げている有機栽培農家は多い。

3) 育苗用の資材

播種と育苗に用いる資材は、基本的に慣行栽培と変わらない。播種床には播種箱（野菜播種用または稲育苗用の箱）、セルトレイのいずれかが用いられる。播種箱、セルトレイのいずれにおいても、子葉展開後、本葉1枚目が伸び上がる時期に鉢上げを行う。鉢上げの苗齢は果菜類全てでほぼ共通である。

プラスチック鉢の大きさは、ウリ類、ナス類のいずれも3.5号鉢が一般的に用いられる。近年の市販苗（慣行苗）では3号鉢に植えられているものが多くなったが、適切とは言えない。用土量が少ないために購入後にすぐ肥切れするおそれがある。店頭ですでに下葉が枯れ落ち、黄化した葉が立ち上がっている例もある。これらは育苗業者の都合でそうなっているのであって、良質苗の育成技術に反している。強健な苗にするためには、

より大きな鉢に多めの用土量を用いることが重要である。育苗期間が比較的長いナスでは、4号鉢が理想であるが、育苗床の面積や用土確保がより必要になる。但し、ハウス栽培などで若苗定植が可能な場合は、3号鉢でもよいことがある。いずれも作型や経営的な判断によるところが大きい。

自家育苗、購入苗のいずれにおいても、本圃の準備が遅れたり、予定した定植時期の天候が不順であるなど適切な植え時を失って苗の老化を招くことがある。老化苗は鉢土が少ない場合（栄養不足、水不足など）と用土内の有機物割合が少ない場合に起こりやすい。対策として、①予定より早めに本圃の定植準備を行う、②できるだけ鉢用土を多くする、③用土の有機物含量を多くする、④馴化を行うことが重要である。

保温資材として、トンネル用ポリフィルムが一般的に用いられる。この場合、床内の温湿度管理には、穴あきフィルムが使いやすい。閉めたままでも蒸れにくく、急な天気の変化にも対応しやすい。クモなど小動物の生息にも影響が少ない。2～3月の低温期には、さらに保温マットが必要である。厳寒への対策としては、マットの上に菰（こも）や毛布などを被せることもある。

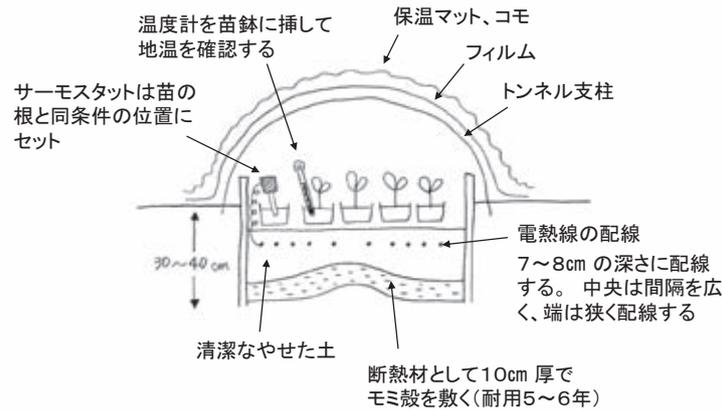
気温が徐々に高まり、育成苗の多くが成苗に近づくころ（関東平野では3月末～4月）には、トンネルフィルムを不織布に換えることができる。徐々に低温に馴らして定植の準備段階に入る。

4) 育苗管理の要点

健苗育成の要点は、温度管理（特に地温設定）、通風喚気、灌水、ずらし、馴化（温度、土壌水分等）、害虫対策である。電熱温床、踏み込み温床とも課題は同じである。

(1) 地温管理

地温管理の目安は、慣行の育苗温度より3～4℃低めに管理することである。例えば、発芽適温が25～30℃とされる果菜類の場合は23～25℃のくらいで日数をかけて発芽させ、発芽直後の徒長を避ける。早朝に地温20℃を確保できれば、



図Ⅲ-5 電熱温床の作り方 (涌井・館野2008)



写真Ⅲ-4 踏み込み温床で多品目育苗の例
(提供：涌井義郎氏)

ほとんどの場合、発芽する。低温では発芽の揃いがやや不良となるが、鉢上げ後にその差は解消されることが多い。定植直前には15~18℃くらいまで管理温度を下げて馴化することで、定植時の環境変化に耐えるようになり、活着が良好となる。

多品目育苗で鉢苗と播種箱をやむを得ず隣接して置く場合は、床の管理温度を鉢苗に合わせ、夜間は播種箱にのみ保温用のフィルムや不織布のべた掛けをプラスして保温効果を高めるようにすると、鉢苗の徒長を避けることができる。

4~5月になれば外気温も上昇するので、定植直前の苗は温床から出し、育苗ハウス内に別に無加温トンネルを設けて夜間のみ被覆防寒する苗床を用いる。温床と冷床を併用して馴化に備える。成苗を温床から出すことで、後から播種した苗の温度管理が楽になる。

(2) 通風換気とずらし

苗には意識的にできるだけ風に当てるようにする。早春の外気はかなり冷たいが、晴天日の日中は側窓を少し開けるなどして短時間でも通気を図り、苗にも微風が当たるようにすると、節間が詰まって太く固い茎になる。苗床の空気を乾燥させることで、葉面の固さも誘導できる。苗の間隔はできるだけこまめに管理(苗間隔を広げる「ずらし」)して徒長を避ける。

(3) 馴化

定植前の馴化は、温湿度を少しずつ本圃のそれに近づけていくことのほか、灌水量を絞込んで乾きに耐えられるようにする。ウリ類は鉢土を乾かし過ぎるとよくないが、ナス、ピーマン、トマトは定植前の一週間くらいは灌水量を少なめにする。夕方には葉先が少し萎れるくらいを目安に朝の灌水量を調整する。その日の天候が晴れか曇・雨天かによって加減・調節する。

(4) 病虫害対策

病害対策の基本は用土の質を高めることである。過剰栄養とまらない用土を作ること、拮抗微生物の働きを高めることが重要である。さらに、温床の採光と通気管理による環境づくりがもう一つの要点である。

害虫対策は、基本的に育苗床内に害虫を侵入させないことが大切である。慣行栽培では農薬による防除が可能な害虫でも、有機栽培では一度

侵入を許してしまうと厄介である。そのためには、育苗床を設置してあるハウス等の施設は、成虫・幼虫・卵などいろいろな生育ステージで生活している害虫の生活環を断ち切るため、害虫の住処となっている雑草、作物残渣や堆肥などの有機物をきれいに除去すると共に、土壌は太陽熱や熱水を利用して防除しておく。さらに、施設の開口部と育苗トンネルは防虫ネットで覆い、外部からの害虫の侵入を防止する。なお、防虫ネットの利用により、施設内・トンネル内の温湿度が上昇するので、天窓設置や換気扇により通風換気に努める。

害虫対策として、温床内外に地域に生息する天敵を誘導して防除する考え方もあるが、害虫の発生がわずかでもあれば、天敵のみの防除では限界がある。天敵の利用は、本圃を中心に行うようにする。

5) 接ぎ木苗、挿し木苗の利用

近年、接ぎ木苗の利用が拡大してきている。有機栽培においてもトマト、キュウリのように専作型のハウス栽培では、土壌病害回避のために接ぎ木栽培を前提にしている例が多く、ナスにおいてもハウス規模が小さいために輪作が困難で接ぎ木栽培で対処している例は多い。

一般に、多品目の有機野菜を供給している農家では、トマト以外は多くが露地栽培を行い、栽培圃場を移動して連作を避け、土壌病害を回避しているため、接ぎ木は不要と考えられていた。しかし連作しない露地栽培ナスでも半身いちょう病に侵される例が多くなっており、地域によってはナスの接ぎ木栽培は避けられない状況が起きている。

今後、果菜類の有機栽培でも栽培環境のコントロールが容易な施設栽培が増えていくと思われる。その場合、施設の有効利用の観点から連作的な作付（後作に他科の作物を挟んで毎年同一の果菜類を栽培する体系）が行われることが多くなり、接ぎ木栽培を必要とするケースは増加すると予想される。

そこで、接ぎ木苗の市販品購入に頼らないためには、有機栽培農家も接ぎ木技術の習得が必要

になる。接ぎ木技術は、慣行栽培では一般化しており、最近では接ぎ木作業の機械化技術が確立され、接ぎ木セル苗をJAや専門業者から購入することが増えている。これに対し、有機栽培用の接ぎ木苗の生産は、ほとんど行われていないため入手は困難である。そのため、指導機関が有機栽培農家に対して、接ぎ木技術の習得を図るための講習会を開催し、併せて有機栽培における健苗生産の重要性を普及する取組が望まれる。

キュウリの台木にはカボチャが使われるが、慣行栽培で主流となっているブルームレスキュウリと有機栽培が組み合わせとして適切かどうか、カボチャ台木の品種選定の適否について検討が必要である。ブルームレス台木を使用した場合、普及当初には、生産者からは草勢が弱い、病害に弱い、収量が低下するなどの問題が出されていた。最近では、育種が進展し、これらの欠点は解決されつつある。普及当初のブルームレス台木は、ケイ酸吸収量が少ないことが明らかにされている（本島1991）。ブルームの主要組成はケイ酸であり、現在普及しているブルームレス台木もケイ酸吸収量は少ないと考えられる。また、三宅ら（1982）は、ケイ酸のうどんこ病及びつる割病に対する発病抑制効果を認めている。これらのことから、有機栽培においては、ブルームレス台木の使用は避けて、ブルームは発生するが草勢の強い「新土佐」や「鉄かぶと」を利用した方がよい。

トマトにおいては、挿し木苗を利用する技術が



写真Ⅲ-5 挿し木苗で育つトマト
(提供：涌井義郎氏)

ある（写真Ⅲ－5）。第1作のトマトで掻き取った脇芽を挿し木して育苗し、1～2カ月ほど作期をずらした第2作目のトマト栽培に用いる方法である。育苗の手間を省き、かつ挿し木苗は低位置から着果するので、省力効果も高い。

例えば、和歌山県紀ノ川市のA農園では、有機JAS認証可能な有機栽培種子が入手できないため、オランダ産の種子を購入しているが、この種子が高価なため、挿し木の活着が劣る盛夏期を除き、全必要苗の約1/3を挿し木により育成し、1作当たり1年以上にわたる長期採りと相俟って種苗費、労働力等の節減を図り成果を挙げている。

6) 育苗における有機JAS対応

生産物を有機（またはオーガニック）と表示して販売する場合、有機JASの認証を受ける必要がある。このためには、種子の選択と共に育苗方法が生産基準に対応していなくてはならない。自家育苗においては、用土に使用禁止資材が使われていないこと（基材、肥料）、病虫害防除に有機JASの別表に掲げられた以外の使用禁止資材を使用しないことが必要である。用土（または用土用素材）や育苗関連資材を購入して使用する場合は、その点を厳密に確認する必要がある。

苗を購入する場合は、必然的に有機JASの生産基準に基づいて育苗している業者から入手することが前提となる（制度上の原則）。有機農産物（果菜）生産農家が認定を受けようとする際に、この育苗業者から苗生産が適切である旨の「確認書」を入手するよう求められることがある（検査上の原則）。

しかし、有機農業の生産基準に基づいて生産された苗が「入手困難な場合」は、現状の経過措置として慣行育苗の苗もやむを得ず使うことが認められている（制度上の例外措置）。こうした現実ではできる限り解消していくべきであり、第一に自家育苗できる有機栽培農家の育成が、第二に有機JAS生産基準に適合する育苗業者の育成が望まれる。

7) 果菜類の直播栽培

有機栽培農家の中には、採種しやすい果菜類（キュウリ、ナス、マメ類、オクラ）で自家採種を行っている例がかなり多い。こうした農家はあまりコストのかからない種子を豊富に持っているため、直播栽培を行うことができる。直播栽培が比較的容易な果菜類は、スイートコーン、インゲンマメのほか、オクラ、キュウリ、カボチャである。

直播栽培の条件と方法は、地温について特に支障なく発芽が可能になる時期に、雑草抑制のためにフィルムマルチ（黒、または緑）をして播種することである。欠株とにならないように2粒以上の点播とし、ウリ類は発芽後、本葉1～2枚の時期に間引き（抜かずに切除）を行う（2本とも活かす例もある）。カボチャでは1粒で直播きすることもある。オクラは3～4粒を播いて間引きせずにそのまま生育させる事例が増えている。有機栽培では、鶏糞や堆肥など臭気の出る資材を利用することもあり、播種された種子がタネバエの被害に遭う危険性が高い。このようなことが起きないように資材の選択や利用時期及び利用方法に留意する必要がある。

直播きした果菜類は、育苗による根の老化を起すことなく、直根が深く伸長するので生育の持続性に優れる特長がある。移植栽培と比べると生育の揃いは若干劣るが、特に大きな問題ではない。露地キュウリの有機栽培では、良品が多く採れる収穫期間が1カ月半から長くても2カ月であるので、2～3作目以降を直播栽培にして秋の抑制栽培まで3～4作のリレー栽培を行う例も多い。

自家採種では基本的に種子消毒を行わないので、播種する本圃の土壌は発病抑止型になるよう、拮抗微生物の働きを高める土づくりが肝要である。同様に、幼苗が害虫被害に遭わないよう、土着天敵の恒常的な活動を高めるような管理に努める。

3. 定植と初期生育の確保

現状の有機栽培では、果菜類の多くが露地栽培である。4～5月の定植時の本圃は低地温と

日々の気象変化を受けるため、苗にとってはかなり厳しい条件となる。施設栽培やトンネル早熟栽培などにおいても、それは同様である。また、有機栽培においては元肥が遅効性であったり、団粒構造の発達によって穏やかながら吸水ストレスがあったりする。こうしたことが、低地温条件と重なって初期生育がかなり遅くなる傾向がある。このような様々な環境ストレスに耐えられるように、育苗時の馴化が重要であることは先に述べた。

育苗期間が長くなると鉢内の根が老化して活着を損ねることがある。この対策としては、できるだけ大きめの鉢で育苗することが基本となるほか、育苗用土の腐葉土や堆肥など熟成有機物の割合を多くして、根の活性を高めることが肝要である。用土量及び有機物含量が多いと、定植後にも肥効が続く可能性が高い。

もう一つの方策として、やや若苗定植を心掛けておくと、予定した定植時期を遅らせることができる。但し、低地温である春季は若苗定植を避けた方がよい。若苗で根群が未発達であると活着不良となるおそれがある。キュウリのリレー栽培では、2作目以降の温暖期に本葉1枚展開時（または子葉展開直後、本葉がようやく見え始めた頃）の幼苗（セル苗）を定植する事例がある。直播きに準じた栽培法であり、「苗は若い方がその後の生育において圃場適応力が優れる」という考え方による。但し、この幼苗定植法では、定植後の数日間、活着するまでの丁寧な灌水が欠かせない。灌水

は根鉢の周りに、少量行う。多量の灌水は、酸素不足や低温期は地温を下げることになるので避ける。

鉢土の肥切れ対策として、植え穴に少量のボカシ肥料を投入する「弁当肥」の方法がある。トマトでは、老化した鉢内の根だけに頼らないように、下葉を2～3枚掻き取って茎を寝かせて植え、不定根を伸ばすことで若返りと生育の持続性を図ることもできる。しかし、この方法は、土壤病害対策として接ぎ木苗を利用している場合には利用できない。

本圃の準備としては、基本的にはフィルムのマルチングが欠かせない。但し、有機農法の一部にはフィルムマルチを使わない「自然農法」の考え方もあって、この場合は定植時期を遅らせたり、有機物マルチで雑草抑制と地温コントロールを行う。

ウリ類、ナス類ともに、初期生育が緩慢な期間に、アブラムシ等の害虫被害に遭うことがある。こうした初期の害虫対策として、本圃の周辺や畝間にインセクタープランツを植栽しておくといよい。春先～初夏にはエンバクが便利である。数畝に1条ずつエンバクを間作すると、アブラムシはかなり抑制できる。

また、定植と同時に畝間全体にコムギ（またはオオムギ）を大量に播種して、ムギの草生（リビングマルチ、カバークロップ）を行う技術がある。インセクタープランツ効果のほか、雑草抑制もね



写真Ⅲ-6 マルチムギを使ったカボチャ、右奥はエンバクのインセクタープランツ
(提供：涌井義郎氏)



写真Ⅲ-7 定植時からマルチをしたナス
(提供：涌井義郎氏)

らう。低温でムギに春化が起こり、その後出穂する場合は、刈払機等で刈り倒し、わらマルチに転換してもよい。土壤水分確保、夏季の地温上昇抑制にもつながる。例えば、栃木県那須烏山市のT氏は、高価なマルチムギの種子は使わず、価格が10数分の1以下のくずコムギを、定植と同時に畝間に大量に播種して、雑草抑制はもとより、病虫害抑制、土壤構造の改善、やがては主作物に対する養分供給になることを通じて単収向上を図っている(戸松 2014)。

引用文献

- 1) Alvarez M. A. de Brito ら (1995), 『Effect of Compost on Rhizosphere Microflora of the Tomato and on the Incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria』 *Appl Environ Microbiol.* 61 (1) : 194-199.
- 2) 富沢ゆい子 (2013), 「有機栽培に対応した育苗培土作製法」『土づくりとエコ農業』日本土壤協会 Vol45:33-37
- 3) 戸松正 (2014), 「くず麦リビングマルチ、混作、耕うん改善を活用した有機農法」『最新農業技術 土壤施肥—緑肥・輪作、堆肥窒素、リンの有効化で肥料代を減らす—』、農文協、9-18
- 4) 成澤才彦 (2011), 『エンドファイトの働きと使い方』農文協
- 5) 百町満朗 (1993), 「土壤静菌作用:糸状菌の生活に及ぼす生態的意義」『土と微生物』42、13-20
- 6) 百町満朗 (2011), 「ここまでわかった 植物生育促進菌類がもたらす抵抗性誘導のしくみ、『現代農業』2011年6月号、298-303
- 7) 堀兼明 (1986), 「エサ(未分解有機物)と種菌(完熟堆肥)の併用で土壤病害が減る:施肥と土つくりの最新理論/有機物と微生物、生かし方ここを変えよ」『現代農業』1986年10月号、86-92
- 8) 本島俊明 (1991), 「キュウリのブルームレス台木用カボチャの特性」『栃木農研報』No38、93-100
- 9) 三宅靖人・高橋英一 (1982), 「けい酸の比較植物栄養学的研究 XVI キュウリの生育に対するけい酸の影響」『土肥誌』53、15-22
- 10) 涌井義郎・館野廣幸 (2008), 『解説日本の有機農法』筑波書房

IV. 土づくり・施肥管理対策

1. 基本的な考え方

有機栽培では、土づくりが作物体の健全な生育と病害虫制御上から最も重視される。有機栽培における養分供給は、有機質肥料を施用することによって行われる。有機質肥料が土壤微生物やミミズ、トビムシ、ダンゴムシなどの土壤生物によって分解され、多くが水溶性物質に変換され、植物根まで運ばれ、最終的に作物に吸収されることになる。しかしながら、この過程の中では多くの土壤生物が関わっており、施用有機物は生物によって資化・代謝され、増殖するために使われたり、エネルギーとして使用されたり、生物の住処にされるなど多種多様な生物の営みが行われることに使われる。従って、化学合成肥料に比べて肥料効果が低くなることは否めないが、有機物を施用して土壤生物活性を高めることにより、生態的土壤生成が活発に行われ、土壤本来の性質である植物生育機能を高めることにもなる。土壤を生物の集合体や住処として見るならば、土づくりは「土を育てる」ことと言い換えることもできる。

土壤へ有機物を施用した時の効果は広範にわたる（表Ⅳ－1）。また、土壤に施用できる有機物の種類は多様であり、その機能が大きく異なる。一般にC/N比（炭素率）が高い（18以上）有機物は分解が遅いため、養分供給能力は低いが、土壤生物の住処となったり、土壤を膨軟化したり、養分保持力を高めるなどの機能が強く、長期的な

地力向上に有効である。一方、C/N比の低い（12以下）有機物は分解が速いために養分供給能力が高く、化学合成肥料に近い肥効を示すので、養分吸収量の多い作物や吸肥力の弱い作物に対して効果的に使用することができる。しかしながら、C/N比の低い有機物を施用するのみでは、地力の大幅な改善は望めず、多量施用では病害虫の発生を招いたり、かえって地力を減退させることにもなる。

有機農業では、長期的な視野に立った土づくりを行うことが重要であり、養分供給のベースともなる。有機物資材の特性をよく理解し、土壤、地域気象を勘案して、適切な資材を適切な量、時期、場所に施用することが重要である。

有機農業を長年営み、安定的な生産を行っている農家では、慣行農家のように追肥をこまめに施用することは少なく、土壤から放出される養分を主体に利用している。これは農家が作物を育てるのではなく、「土が作物を育ててくれる感覚」であるという。土壤からの養分供給は、地温、水分、作土深などに左右される。ベテランの有機農家は、地域の桜の開花や生物の発生時期などの自然現象をよく観察し、季節変化や土壤特性に応じた作物栽培を心懸け、適期適作、適地適作を行うことに注意を払っている。

農林水産省は平成20年に地力増進基本指針を改正しており、その中で日本の土壤について、
①多くは母材の性質が農作物の生育にとっては不

表Ⅳ－1 土壤への有機物施用の効果

土壤物理性の改善	団粒・土壤構造の発達、通気性・保水性・透水性の改善、土壤流亡・溶脱・浸食の抑制、土壤水分・地温の安定化、土壤膨軟化による作物根系の発達、作土の厚層化
土壤化学性の改善	腐植・土壤有機物の増加、pHの適正化・安定化、養分の供給、過剰塩類の除去、養分保持能力の増加
土壤生物性の改善	生物多様性の向上、土壤生物活性の上昇、有用微生物の定着、有害線虫や病害の抑制
雑草抑制	地表面の遮光による雑草の発生抑制と光合成阻害、アレロパシー効果
地球・地域環境保全	未利用有機物利用による養分リサイクル、養分流出の抑制

良であることから元々地力が低い、②温暖・多雨な気候であるために有機物分解が速く、養分溶脱が多いので地力が減退しやすい、③土壌管理が、粗放化して堆肥供給がおろそかになっている、④過剰施肥や塩基バランスの悪化が顕在化している、などの問題を指摘し、地力を増進させることが我が国の農業を進展させる上で非常に重要であるとしている。このような状況から、慣行栽培を行っていた圃場や耕作放棄地で有機農業を始めるには、まず土壌診断を行って現状の状態を把握すると共に、有機農業技術を用いて深刻な問題を解決しながら土づくりを行い、最終的に高く安定した地力を目指すことが望ましいと考えられる。

1) 求められる総合的に高い地力

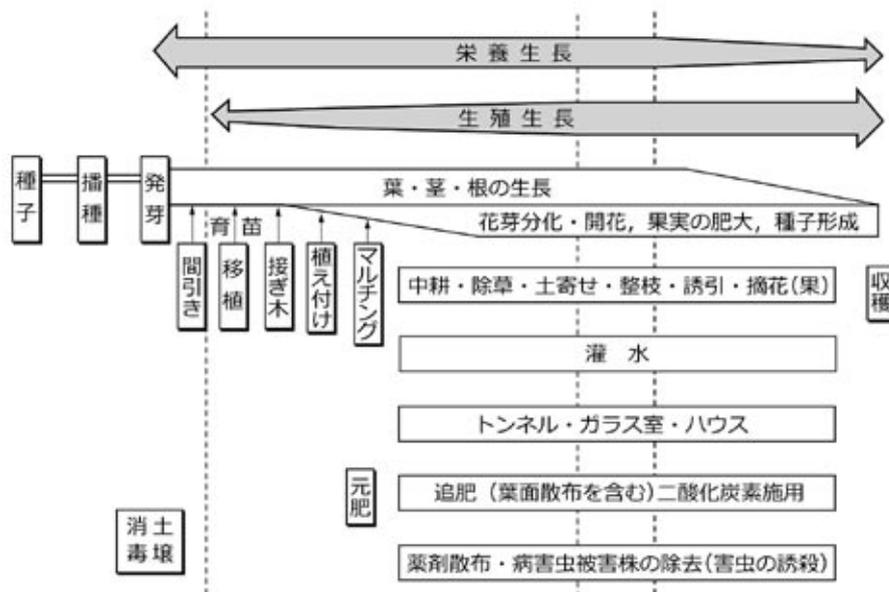
果菜類は、栄養成長と生殖成長をほぼ同時に進行させており（図IV-1）、茎葉の伸長と共に安定した着花、結実、肥大を行わせ、良品を安定生産させることが重要である。そのため作物の生理生態的特性を熟知し、季節変動や気象などの環境要因を考慮しながら、その場に応じた適切な栽培管理を行う必要がある。さらに果菜類は、他の作物に比べて長期間栽培することが多く、継続的な養分の安定供給が必要なことから、土づくりや日々の土壌管理は特に重要であり、粗大有機

物施用や深耕等による中・長期的視野に立った土壌物理性の改善や、有機質肥料施用による短・中期的視野に立った土壌化学性と生物性の向上を図り、総合的に地力の高い圃場を形成することが必要である。

表IV-2に地力増進基本方針で示された土壌の基本的な改善目標値を示す。本指針は、我が国の農地全般について、望ましい土壌特性を土壌別に示したものであり、有機農業のために策定されたものではないが、有機農業を行うに当たっても重要な基準になるものと考えられる。

慣行栽培圃場あるいは耕作放棄地において有機農業を始める場合は、まず土壌診断を行い、その結果から土壌の物理性の改善が必要と判断されたならば、物理性改善から取り組むことが望ましい。なぜなら深耕や暗渠、粗大有機物の深層施用、土壌改良資材の投入、客土など比較的大がかりな土壌改良が必要になるからである。このことにより作土の厚さを確保すると共に水分管理が容易になり、土づくりの基盤ができるため、早期に地力向上を図ることができる。

主要根群域の最大ち密度、易有効水分保持能、可給態窒素含有量、土壌有機物含有量等の土壌の主要な性質を総合的に改善するには基本的に堆肥を施用する。堆肥施用により腐植物質が生成



図IV-1 トマトの播種から収穫までの成長過程と主要管理作業（慣行栽培）（青木1997）

表IV-2 基本的な改善目標（普通畑）（地力増進基本指針、農林水産省2008）

土壌の性質	土 壌 の 種 類		
	褐色森林土、褐色低地土、黄色土、灰色低地土、灰色台地土、泥炭土、暗赤色土、赤色土、グライ土	黒ボク土、多湿黒ボク土	岩屑土、砂丘未熟土
作土の厚さ	25cm以上		
主要根群域の最大緻密度	山中式硬度計で22mm以下		
主要根群域の粗孔隙量	粗孔隙の容量で10%以上		
主要根群域の 易有効水分保持能	20mm/40cm以上		
pH	6.0以上6.5以下（石灰質土壌では6.0以上8.0以下）		
陽イオン交換容量(CEC)	乾土100g当たり12meq以上（ただし中粗粒質の土壌では8meq以上）	乾土100g当たり15meq以上	乾土100g当たり10meq以上
塩基状態	塩基飽和度	同左イオンが陽イオン交換容量の60～90%を飽和すること。	同左イオンが陽イオン交換容量の70～90%を飽和すること。
	塩基組成	カルシウム、マグネシウム及びカリウム含有量の当量比が（65～75）：（20～25）：（2～10）であること。	
有効態りん酸含有量	乾土100g当たりP ₂ O ₅ として10mg以上75mg以下	乾土100g当たりP ₂ O ₅ として10mg以上100mg以下	乾土100g当たりP ₂ O ₅ として10mg以上75mg以下
可給態窒素含有量	乾土100g当たりNとして5mg以上		
土壌有機物含有量	乾土100g当たりNとして3g以上	—	乾土100g当たりNとして2g以上
電気伝導度	0.3dS/m（デシジーメンス・パー・メートル）以下		0.1dS/m以下

注1 陽イオン交換容量は、塩基置換容量と同義であり、本表の数値はpH7における測定値である。

注2 有効態りん酸は、トルオーグ法による分析値である。

注3 土壌有機物含有量は、土壌中の炭素含有量に係数1.724を乗じて算出した推定値である。

注4 作土の厚さは、根菜類等では30cm以上、特にごぼう等では60cm以上確保する必要がある。

注5 主要根群域は、地表下40cmまでの土層とする。

注6 粗孔隙とは、降水等が自重で透水することができる粗大な孔隙である。

注7 易有効水分保持能は、主要根群域の土壌が保持する易有効水分量（pF1.8～2.7の水分量）を主要根群域の厚さ40cm当たりの高さで表わしたものである。

注8 pH及び有効態りん酸含有量は、作物または品種の別により好適範囲が異なるので、土壌診断等により適正な範囲となるよう留意する。

注9 可給態窒素は、土壌を風乾後30℃の温度下、畑状態で4週間培養した場合の無機態窒素の生成量である。

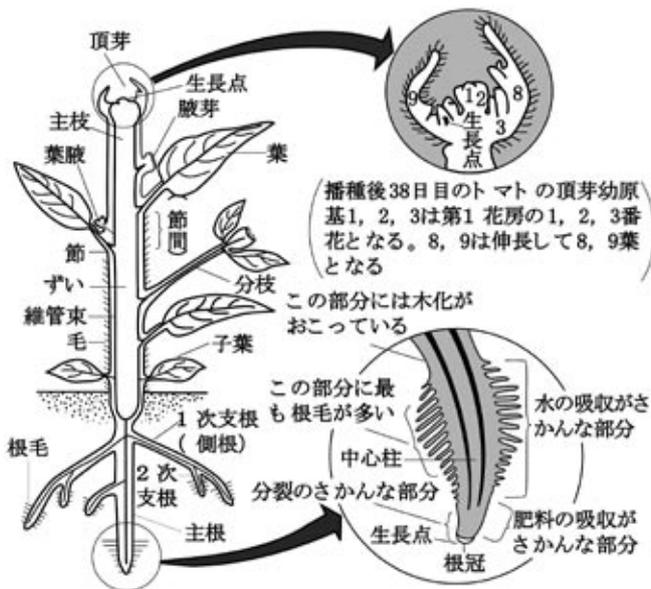
され、陽イオン交換容量（CEC）も徐々に増加するが、早急に改良が必要な場合は、バーミキュライトやゼオライトなど優良な粘土鉱物資材の施用が効果的である。

窒素、リン酸、塩基類については土壌中の可給態養分量（残効）を把握し、有機質肥料の養分含量や肥効特性を勘案してバランスよく、適切な量を施用する必要がある。なお、有機質肥料は化学合成肥料に比べて、施肥場所、施肥時期（気温）、灌水量・土壌水分量によって大きく肥効

特性が変化するので注意が必要である。

2) 作土層を厚くする土づくり

本書に掲載する果菜類は、トマト（ナス科ナス属）、ナス（ナス科ナス属）、ピーマン（ナス科トウガラシ属）、キュウリ（ウリ科キュウリ属）、カボチャ（ウリ科カボチャ属）、ズッキーニ（ウリ科カボチャ属）であり、ナス科とウリ科に属する。一般にナス科作物は根が深くまで発達し、ウリ科作物は比較的横方向に発達する。このことからナス科作物を健全



若い根の形態と、水分及び養分の吸収される部分

図IV-2 トマトの茎・葉・根の構成とはたらき
(青木 1997)

に栽培するには、作土層を厚くすることを目標にして土づくりをする必要がある。

トマトの根は、主根、側根及び支根で構成される。根の先端には根毛があり、根毛は水吸収の盛んな部分であり、養分吸収は根の先端部で盛んに行われていることが認められている（図IV-2、青木 1997）。従って、トマトの健全で安定した生育には、作土層を厚くして根系を発達させると共に、養水分吸収活性の高い根の先端部分が容易に伸長できるように膨軟な土づくりを行うことが重要と言える。

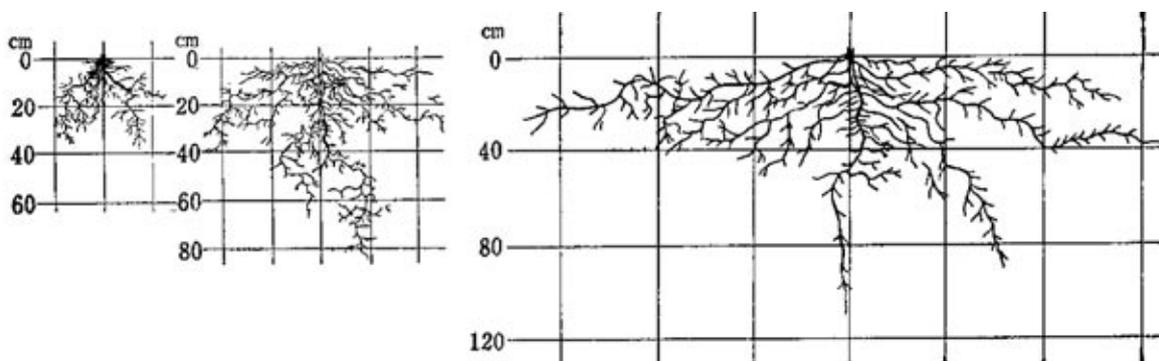
トマトは、発芽すると主根を垂直に地中に伸ばし、やがて側根である第二次根、第三次根以降

が基部から分岐、伸張する。発芽後約1カ月ごとに3回、根系の発達状況を調べると図IV-3のようになる（松原ら 1939、斉藤 1973）。発芽後30日では最深根長は地下38cmであるが、60日後では主根が地下86cm、100日後では106cmに達する。側根は50cmまで伸張し、50cmまでの深度の土壌では細根が網状に形成されており、特に側根における細根の発達が著しい。また水平方向への伸張は100日目には幅2.5~3mまで広がる。活性の高い根は50cmまでに限られるようであるが、主根が伸張する1mまでは緻密度を高めないようにする必要がある。堆肥その他の有機質肥料を施用した部分は、特に細根の発生が著しく増加することから、完熟堆肥の施用はトマトの根系発達に重要と言える。

3) 土壌微生物相の安定化を図る

果菜類の栽培は、普通作物である稲、麦、大豆などと比べて施肥量が多く、塩類集積等で土壌環境を悪化させやすい。また栽培期間が長いため、作物根には大きなストレスが掛かる。これらのことから、土壌微生物相のバランスが崩れやすく、病原菌蔓延と作物病害につながる可能性が高い。

今までに数多くの堆肥や有機物、土壌、病原菌、作物の組み合わせで、発病抑止技術に関する研究が行われており、堆肥を初めとする有機質資材の施用は、土壌微生物相をある程度コントロールすることができ、土壌伝染性病原菌による発病を



図IV-3 トマト根系の発達過程；直播（松原ら 1939、斉藤 1973）

左：生育初期（発芽後30日、8月18日）、中：生育中期（発芽後60日、9月17日）、右：生育後期（発芽後100日、10月23日）

抑制することができるとする研究例が多い (Bailey and Lazarovits 2003)。また、有機物施用を継続することにより、発病抑止効果も高くなると考えられており、継続的な有機物施用による土壌微生物生育環境の維持向上が重要と考えられる。

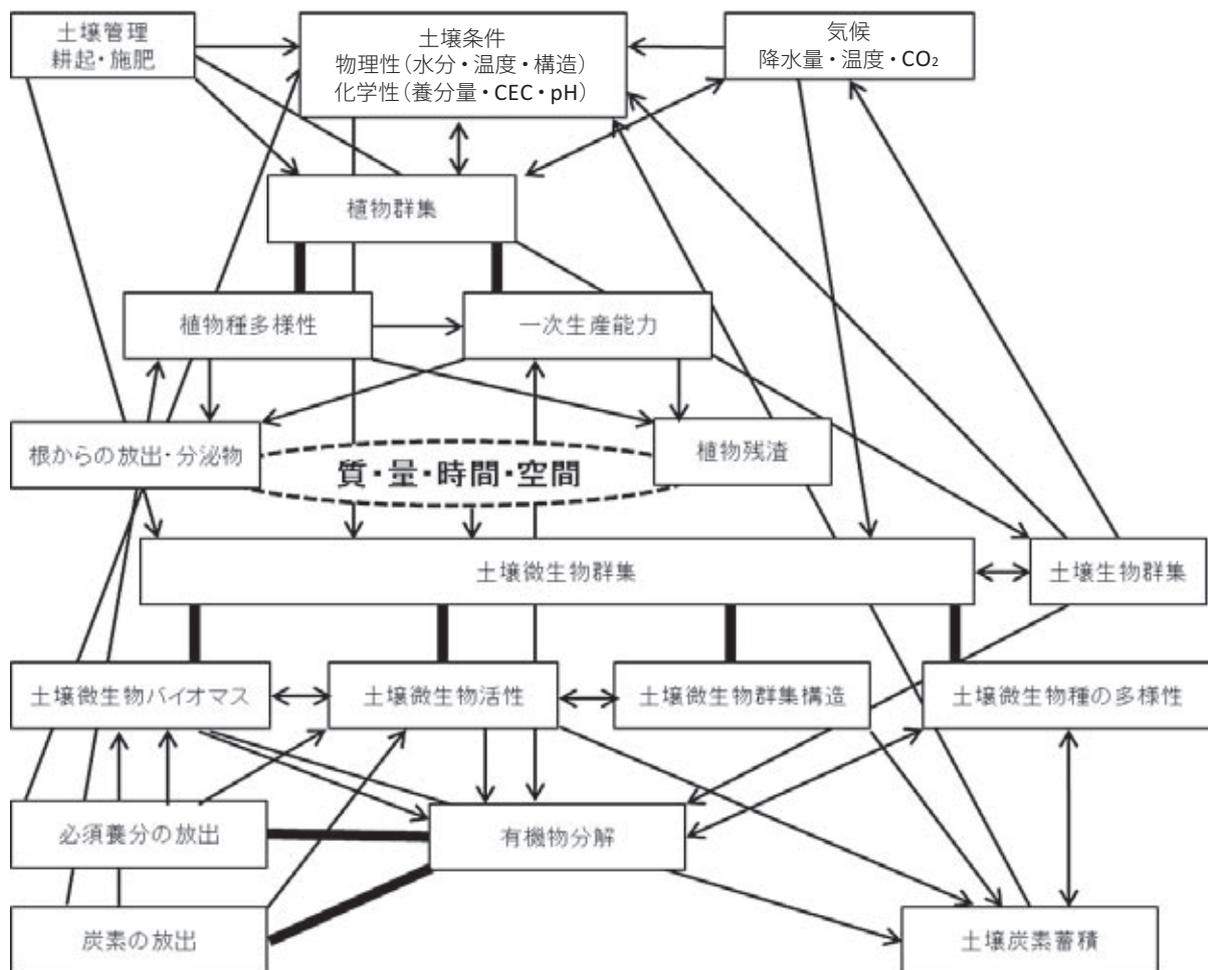
発病抑止メカニズムの1つとして、有機物が土壌に入ると、主に土壌微生物によって段階的に分解、代謝され、図IV-4に示したような複雑な経路を辿って数多くの代謝産物や化合物に変化し、それを利用する微生物が増殖したり、抗生物質などが産生されることにより、抗生物質耐性菌が増えたりするなど複雑な相互作用が形成される。その結果、土壌微生物相が多様化するため、特定の病原菌の蔓延を防ぐという提案がされている。また、養分や生息場所の競合なども病原菌密度を抑制するメカニズムとも考えられている。近年は、遺伝子解析が比較的容易になったため、土壌中や植

物体内の微生物の生態が明らかになりつつある。知見はまだ限られているが、有用な微生物がエンドファイト (内生菌) として植物内で共生し、植物の養分吸収能力の向上、有機態窒素の吸収促進、病害抵抗性誘導、植物ホルモン生産、乾燥抵抗性の向上効果をもたらしていることが明らかとなっている (成澤2011)。またこれらの菌は、植物性有機物を施用することにより密度を維持できることから、目には見えないが有用な土壌微生物を養うことを考慮して有機物施用を行い、土壌微生物相の安定化を図る方策が重要である。

2. 土づくり対策

1) 遊休地や転換初期の早期地力向上対策

遊休地は土質や排水などの問題があり、比較的土壌肥沃度が低い所が多い。また慣行栽培を



図IV-4 土壌及び地上部生態系の相互作用、環境条件と炭素循環 (Condronら (2010) から作図)

行っていた農地では、化学合成肥料によって容易に養分コントロールが行えたため、有効土層が浅くても養分バランスがある程度整っていれば、比較的高い収量も得られやすく、土づくりが積極的に行われて来なかった可能性がある。しかしながら、このような圃場で果菜類の有機栽培を行うためには、最初に抜本的な土壌改良を行い、早期に地力を高めることが望ましい。特に土壌の物理性改善は最重要である。

(1) 土層改良（深耕と客土）

不良土壌において地力を飛躍的に高めるには、土層改良が非常に有効である。適用圃場ごとにその工法や機械も異なる。ある程度の初期投資が必要となるが、長期的な視点に立てば投資を上回る効果が期待できる。

①特長

- ・根域の拡大によって作物の生育を促進する。
- ・養分と水分保持量が增大する。
- ・透水性が高まり排水が容易になる。また通気性が增大して根や土壌生物の呼吸が増加して活性化する。
- ・下層土壌の養分を有効利用できる。
- ・塩類集積や連作障害が軽減する。

②具体的な方法

各種深耕や混層耕法の概要について表Ⅳ-3に示した。

客土は、作土土壌の理化学性が不良であり、耕耘や有機物、土壌改良資材の施用などでは十分な改善が期待できない場合に行う。客土効果としては主に、保水性、保肥力、通気性、透水性の向上、地耐力の増強、作土層の更新が期待される。問題を有する圃場のタイプ別客土工法を表Ⅳ-4に示す。

客土後は、養分濃度が低い場合が多いので、肥効の高い有機質肥料の施用、土壌改良資材施用、緑肥の作付けなど、早期に熟畑化を図る必要がある。

(2) 緑肥を用いた土壌改良

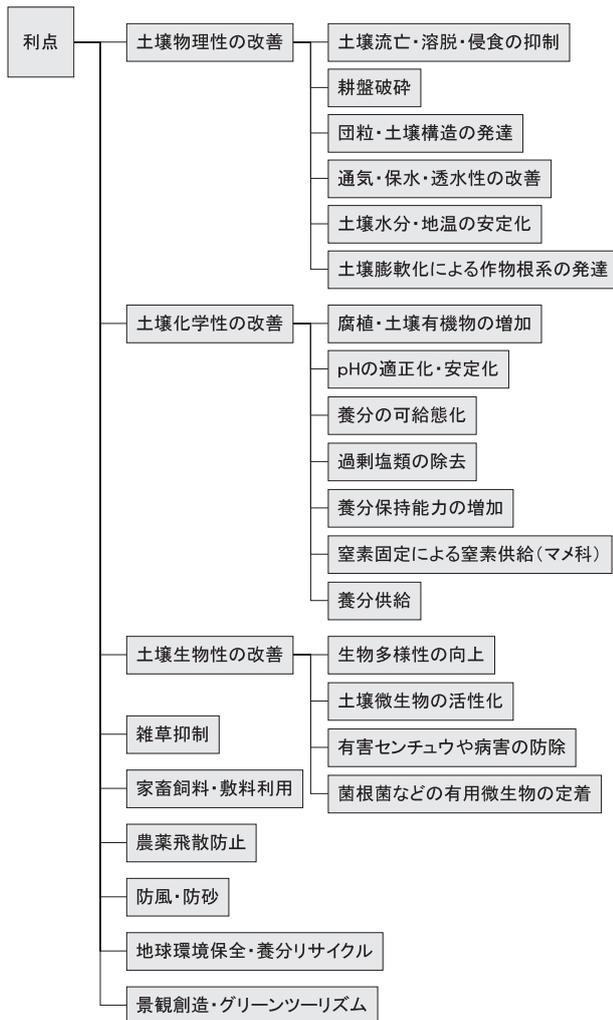
緑肥は古くから使われてきており、わが国では水田裏作にレンゲを栽培する技術が広く普及している。緑肥を利用する目的は、主に土壌に有機物を施用することによる土壌の物理性、化学性、生物性の全般について改善することにあるが、最近では深根性緑肥による耕盤破碎や線虫対策など、機能を特化した緑肥草種のバリエーションが増えており、有機農業を行う上で強力なツールになっている（図Ⅳ-5）。

表Ⅳ-3 各種混層耕の適用圃場や工法、作業機械

工法名と耕深範囲	適用圃場	工 法	混層耕用機械
混層耕法 40～130cm	火山灰土壌などのように、薄い作土層、火山砂礫層、黒ボク層が続く場合の圃場	低肥沃な作土と肥沃な深度を混和する	ロータベータ、円板ハロー、大型プラウ、ディスクプラウ
反転客土耕法 50～130cm	塩類集積土壌や連作障害回避や軽減が必要な圃場	劣悪な作土と心土を反転して置き換える	大型プラウ、バックホー
改良反転客土耕法 20～75cm	作土と肥沃な心土の間に劣悪な土層が介在する圃場	作土は残して、劣悪土層と心土を反転させる	改良反転客土耕プラウ
耕盤破碎耕法 30～90cm	スコリア団結盤層（マサ土）やボラ、コラ層などがある圃場	盤層を破壊反転する	リッパー付きブルドーザ、レーキドーザ
心土破碎耕法 15～30cm	下層に重粘土や耕盤が存在する圃場	重粘質な心土層に亀裂を入れて膨軟化する	レーキドーザ、バーンプレーカー
深耕法 30～200cm	作土の厚さが限定され、生産性に限界のある圃場	深く耕起して膨軟化させ、通気性と透水性を高める	深耕プラウ、深耕トレンチャー、ブルロータ、バックホー

表Ⅳ－４ 圃場タイプ別の客土工法 (沢口1986から作成)

対象圃場 (問題点と改良目標)	客土工法
泥炭地 (一般に加湿条件にあるため、排水対策が最も重要であるが、塩基補給、保肥力と地耐力向上も図る)	客土効果は、壤土>砂土>埴土の順となる。 6~9cm (60~90m ³ /10a) で効果が高い。 客土後は直ちに深耕しないで、泥炭の分解が進んでから徐々に混和する。
浅耕地 (河川流域や扇状地などで礫が多いために深根性作物の栽培が困難であるため、保水性の向上を図る)	粘土含量の高い土壌の客土が最も良い。 除礫と組み合わせると効果が高い。 客土後は土壌改良資材や有機物施用が必要である。 作土層混合のほか、客土 (24cm) で作土層をつくる工法もある。
重粘土 (通気・透水性が悪く、干害と過湿被害を受けやすく、堅密であるため、通気・透水性の向上を図る)	表土に海砂 (30~40m ³ /10a) を散布し、心土まで混入させて粗孔隙量を増加させる。 暗渠、心土破碎などの排水改良も同時に行うと効果が高い。 地温上昇、易耕性も改善されて生産性が高まる。
粗粒火山灰土 (粗孔隙量が多いので、保水、保肥力を高める)	粘土質土壌を50m ³ /10a程度客土する。 泥炭土壌の客土も有効である。 乾燥後の砕土で土壌混合を十分行い、発芽障害を防ぐ。
作土不良地 (重金属汚染、火山泥流の流入、酸性硫酸土等の障害を除く)	客土を作土層に混入したり、置き土によって作土層を新たに形成する。 客土量は不良原因、程度、土層の構成内容を考慮する。 土壌改良資材を投入する。



図Ⅳ－５ 緑肥活用の利点

緑肥は圃場に種子を播種することにより、圃場で有機物を生産することができる技術であり、堆肥のように材料を集めて発酵させ、圃場へ運搬する必要がないため非常に省力的である。裏作でバイオマスが大きい草種を選べば10a当たり10トンほどの有機物を圃場に入れることが可能であり、早期の熟畑化を図る上で有効である。しかし間作や混作で利用する場合は、緑肥は圃場の養水分を吸収し、光合成をするので作物と競合しないように留意する必要がある。

窒素固定を行うことができるマメ科の草種は、最大で10a当たり20kgほどの窒素を圃場に供給することができる(表Ⅳ－5)。また、リン酸などの吸収しにくい養分も可給態化するので、肥沃度の低い土壌では化学性を飛躍的に高めることができる。塩類除去機能が高い緑肥作物はクリーニングクロープと呼ばれ、慣行の施設栽培から有機栽培に移行する場合に有効である。透水性改善や耕盤破碎を目的とする草種は、主根が土壌深部(2m以上)まで到達し、根量が多いため、排水や通気性などの土壌物理性について重機を使わず改善することができる。マメ科植物のセสบニアは、窒素固定による肥沃度向上と透水性改善や耕盤

表IV-5 緑肥の利用目的、対象作物及び適用緑肥作物

主な目的	対象作物や作付	適用緑肥作物種
窒素固定	水稲、畑作物全般、果樹	ヘアリーベッチ・レンゲ・クリムソクローバ、アカクローバ、シロクローバ、クロタリリア、セスバニアなどのマメ科作物
塩類除去	施設栽培・園芸作物	スーダングラス、ソルガム、イタリアンライグラス、ギニアグラスなど
透水性改善 耕盤破砕	麦類、テンサイ、野菜作など	セスバニア、シロガラシ、アカクローバ、センチビートグラス、ナギナタガヤなど
線虫対策	ダイコン、ニンジン、イモ類、レタス、キャベツ、ハクサイ、キュウリ、スイカ、メロンなど	エンバク野生種、エンバク、スーダングラス、アカクローバ、緑肥用トウモロコシ、ライムギ、クロタリリア、ギニアグラスなど
雑草対策	果樹草生	ヘアリーベッチ、ナギナタガヤ、ライムギ、センチビートグラス、ダイコンドラ、アニュアルライグラス、バヒアグラス、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラスなど
景観美化	休閒地・冬作・間作	ナタネ、クリムソクローバ、シロガラシ、ハゼリソウ、ヒマワリ、レンゲ、クロタリリア、シロクローバなど
防風・隔離	農薬のドリフト防止	飼料用トウモロコシ、ソルガム、エンバク、ライムギ、センチビートグラス、ナギナタガヤなど

破砕による物理性改善の両方を期待できる緑肥草種であり、果菜類栽培において有効性が高い。遊休農地や排水不良地で有機農業を始める時の土層改良技術として有効である。クロタリリアなどは線虫対策に有効であり、慣行栽培でも土壤燻蒸剤である臭化メチルが使用できなくなったため有効な技術として注目されている。農薬のドリフト対策は慣行栽培においても注意すべきことであるが、有機JAS認証作物においては特に注意が必要である。草丈の高い緑肥を圃場周囲に栽培することにより、ある程度の隔離が可能であるし、暴風対策にもなる。ソルゴーやデントコーン（飼料用トウモロコシ）は天敵を生息させる天敵増殖植物（インセクタリアープランツ）としても利用できる。緑肥は上述した機能を複数持つものが多い。圃場の問題点を見直し、総合的な観点から緑肥草種を選択して土壌管理や作付けを行うことにより、効率よく土づくりを行うことができる。

緑肥の利用方法は、土壌に鋤込むだけでなく、刈り敷きや草生栽培などがあり、それぞれの施用方法により機能が大きく異なってくる。表IV-6に施用法の違いが緑肥機能に与える影響や注意点を相対的に評価して示した。作期、作型、作物、気候などを勘案して緑肥の施用・管理方法を最適化し、効果が最大限になるよう活用されたい。

短期的養分供給能力はC/N比の低いマメ科植物で高い。施用効果（＝養分吸収率）は、鋤込み処理で最も高い。刈り敷きではやや劣ることになるが、C/N比の低い緑肥であっても窒素飢餓は生じにくいという利点もある。草生栽培では、緑肥と主作物が同時に生長するため、緑肥生育が低下して枯死しなければ養分供給は見込めず、逆に主作物の生育を抑制しないように注意する。

長期的地力増進効果は、鋤込みや刈り敷きは有機物施用という面で効果が期待できる。果菜類の栽培において草生栽培は畝間除草など場所や時期を主作物からずらすことにより適用可能である。

土壌侵食防止については、鋤込みを行うと土壌表面は保護されないため、その機能は望めないが、刈り敷きでは雨滴による土壌クラスト形成を抑制し、侵食を抑えることができる。草生栽培では高密度の植物体で土壌を被覆すると共に、根系で土壌を保持することができる。

土壌保湿能力は、刈り敷きの場合、マルチングにより直射日光を遮り、地温を抑制するので蒸発量が少なく効果が高い。草生栽培では、緑肥葉面からの蒸散が加わるのでやや乾燥する。鋤込み処理は、直射日光により土壌表面温度が上昇し、土壌水分の蒸発量が高くなる。

地温維持能力は、刈り敷きと草生栽培において日陰により日中の高温を抑えると共に、マルチングによる夜間の保温が期待できる。

雑草抑制能力については、刈り敷きや草生栽培はマルチングによる物理的抑草が期待できる。鋤込み処理は、ヘアリーベッチなどアレロパシーを有する緑肥を利用した時には化学的な抑草が期待できる。

緑肥管理労力は、草丈が高く、草量が多く、茎が固い草種を鋤込む場合は、予めハンマーナイフモアなどで細断する必要がある。クローバなどの草丈の低い草種は、そのまま鋤込み可能である。刈り敷きの場合は、緑肥を刈ってその場に置くのであれば労力は抑えられるが、刈草を集めて別の場所に運んで敷くのであれば労力は必要である。草生栽培の場合は、基本的に播種を行うのみであり、結実して、翌シーズンも再生する草種であれば、播種量を減らすことができる。

作物との養水分競合は、草生栽培において注意が必要である。特に地力が低い土壌では、緑肥の生育が優り、作物の生育を抑制することが懸念される。この場合、緑肥を適宜、刈り込むなど、緑肥生育をコントロールする必要がある。

緑肥の種類は、主作物や作付体系により適切なものを選択する必要があるが、その際には、緑肥の生育期間、作付時期、耐寒性、土壌の乾湿、播種量、播種時期、施肥量、草丈、バイオマス、物理的強度、C/N比等の特性を十分把握し、作物と適切に組み合わせると効果が高い。

(3) 適切な有機物施用

有機栽培においては、植物に吸収される養分は主に施用される有機物によって供給されることになる。また、有機物は土壌生物のエネルギー源や基質となると共に、腐植等の土壌有機物として土壌本体を形成する材料にもなるため、養分供給と土づくりの両面から施用有機物の特性を理解し、適量を施肥することが基本である。養分供給が行われるには、基本的に有機物分解が進行しなければならない。施用される有機物の種類によって分解速度、すなわち養分供給速度が異なると共に、成分バランスも異なるので、土壌診断を行い、必要な養分が過不足なく供給されるように質と量の両面から、適切な有機物施用を行う。

地力増進法基本指針では、標準的な堆肥施用量の基準を表IV-7のように示している。寒地では有機物分解が遅く、暖地では速い。また、黒ボク土は、本来、強酸性でリン酸が不足しやすい性質の土壌であるため、有機物分解が遅れ、さらにもともと腐植を多く含むので、有機物の施用効果が緩やかになる。特に、遊休荒廃農地など熟畑化していない黒ボク土では、強酸性とリン酸不足、生物に有害な活性アルミニウムの存在が、微生物による有機物の分解を阻害している。このようなことから、堆肥施用基準量が調整されている。分解速度が低い土壌や気候では、有機物施用による養分供給効果が緩慢であるが、長期間持続すると考えて良い。逆に分解速度が高い場合は、施用効果が速く顕著に表れるが持続性は低い。

表IV-6 緑肥施用法による機能や注意点

機能や注意点	緑肥施用法		
	鋤込み	刈り敷き	草生栽培
短期的養分供給能力	高い	やや高い	低い～普通
長期的地力増進能力	普通	普通	高い
土壌侵食防止能力	なし	やや高い	高い
土壌保湿能力	低い	高い	普通
地温維持能力	低い	高い	高い
雑草抑制能力	なし	普通	やや高い
緑肥管理労力	多い	やや多い～多い	少ない
作物との養水分競合	なし	なし	普通～大きい

表Ⅳ－7 堆肥施用基準（単位：t/10a）（農水省2008）

	黒ボク土		非黒ボク土	
	寒地	暖地	寒地	暖地
稲わら堆肥	2.5	4	2.5	2.5
牛糞堆肥	1.5	2.5	1	1
豚糞堆肥	1	1.5	0.5	0.5
バーク堆肥	2.5	2.5	2.5	2.5

- 注1 堆肥の施用基準は、堆肥連用条件下における1年1作の場合を想定した堆肥の施用量の基準値である。
 注2 堆肥の種類は、地力の維持・増進を目的として施用される堆肥としており、鶏糞堆肥は、地力の維持・増進の観点からの効果が小さいことから施用基準の対象としていない。
 注3 土壌の種類は、土壌有機物の含有量や分解率の違い等を踏まえて、黒ボク土及び非黒ボク土とする。
 注4 地帯区分は、土壌有機物の分解率の違い等を踏まえて、暖地及び寒地とする。なお、暖地及び寒地は、深さ50cmの年平均地温が、各々15～22℃及び8～15℃の地帯であり、高標高地を除く関東東海以西が暖地に相当する。

2) 通常期に入ってからのおづくり

生育と収量が安定し始めたら、土壌構造がある程度発達し、土壌有機物量が増え、養分供給に余裕ができたと考えられる。さらに長期的な安定生産を目指すためには、極端な土壌改良や多肥、過剰灌水は控えてゆっくりと土壌を発達させることが重要である。そして、菌根菌や窒素固定菌、リン溶解菌、拮抗菌を初めとした多様な微生物や土壌動物が生息できる安定した土壌生態系を作るおづくりを行う。

(1) 不耕起・平畝栽培

ハウスなどの施設で有機栽培を継続し、収量が比較的安定してきたら、そのまま継続しても良いが、次のステップとして、「不耕起・平畝栽培」に移行することもメリットが多いので検討する価値がある。本技術は、慣行栽培技術として開発されたものであるが、有機栽培農家に注目されている技術でもある（時枝2001）。

①不耕起・平畝栽培の特長

- ・耕うん作業が省略できる。
- ・省エネ・省資源化を図ることができる。
- ・雑草の発生が非常に少ない。種子の飛び込みによる雑草発生に限られる。
- ・異常気象などの栽培環境耐性が高い傾向が見られる。

- ・トマトを9作目まで連作可能であることが確認されている（写真Ⅳ－1、時枝2001）。
- ・土壌病害が拡散しにくい。
- ・深根性になるために灌水を控えても急激な萎れが生じない。
- ・暗渠や側溝等の排水対策が行われていれば畝立ては不要である。
- ・耕起栽培と同等かそれ以上の収量が安定して得られる。通常栽培である耕起区の平均収量を100とした場合、不耕起・平うね栽培の8作目までの平均収量は、108であった（時枝2001）。

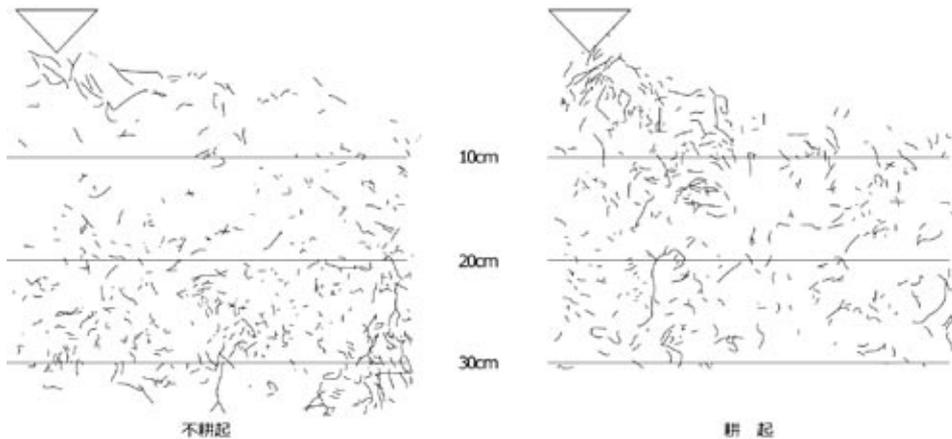
②不耕起・平畝栽培のメカニズム

不耕起栽培を継続すると、深さ10cmまでは通常の耕起栽培より粗孔隙が多く透水性が良好であるが、深さ10～20cmの間は、硬度が高く粗孔隙



写真Ⅳ－1 不耕起・平うねのトマト栽培（不耕起9作目）（時枝2001）

左：不耕起区、右：耕起区（根腐萎ちょう病発生）



図IV-6 耕起、不耕起の違いによるトマトの根群分布（時枝2001）

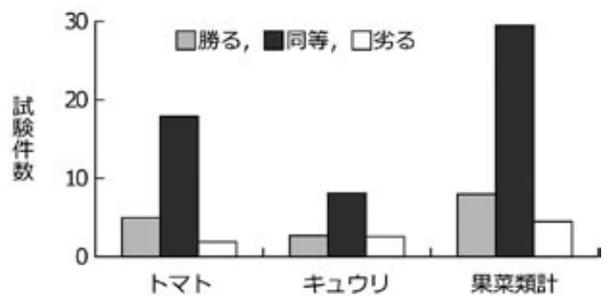
が少なくなる。しかし、20 cm以下の土層では根量が増えて、根が下方に多く分布するようになる（図IV-6）。下層土では粗孔隙が増加して物理性が改善されると共に有効土層を厚くすることができる。

③不耕起・平畝栽培の具体的な方法

- i. 太陽熱土壌消毒を行う。
- ii. 土壌面が均平になるように耕うんする。
- iii. ポット苗をポットの底を抜いたものを土壌表面に置くだけで定植する。土壌表面が固結している場合は1~2cm削り取ってポット苗を置いて、削った土を寄せる。セル成型苗を直接定植することも可能である。直播も可能であり、主根が素直に伸張するためにより深根性となり根域群が広がる、活着不良による生育遅延やバラツキが解消される。
- iv. 堆肥や籾殻などの有機系資材をマルチングする。
- v. 初期生育が抑えられる傾向があり、低段花房の着果が安定する。生育中期以降は樹勢が強くなる傾向があるので、養水管理に留意し、樹勢をコントロールする。
- vi. 収穫が終了したら地際で茎を切り取り、残渣を片付ける。2作目以降は株間に定植を行う。
- vii. 生育が遅れる場合は、2~3作に一度、有機物施用と共に耕起を行うことが奨励されている。

④不耕起・平畝栽培の適用範囲

- ・地下水位が高かったり、法面などから水が浸入してくる圃場には適さない。



図IV-7 慣行栽培に対する不耕起での収量・品質の評価（果菜類）（時枝2001）

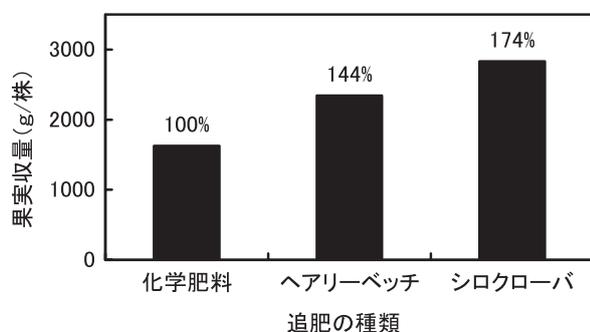
- ・粘質土壌の方が効果が高い。
- ・不耕起栽培の特長を生かすには、①栽培期間が長期にわたること、②作物体が大きく、根群が発達する作物が向いている。
- ・トマト、ナス、ピーマン等のナス科、キュウリ、スイカ、カボチャなどのウリ科に向いている。
- ・十分な排水や作土層の厚さ等の条件が整えば露地でも十分可能である。
- ・トマトでは収量や品質面で西日本を中心に実用性がある技術と評価されている（図IV-7）。
- ・キュウリでは東北各県で実用化に向けた取組が行われている。

(2) 緑肥による追肥

果菜類栽培において緑肥を利用する場合、苗を定植する4~5月には、緑肥が十分に生育をしておらず、鋤込み処理ができないことが少なくない。寒冷地では特にその傾向が高い。その場合、緑肥を追肥として土壌表面に施用することが有効である。

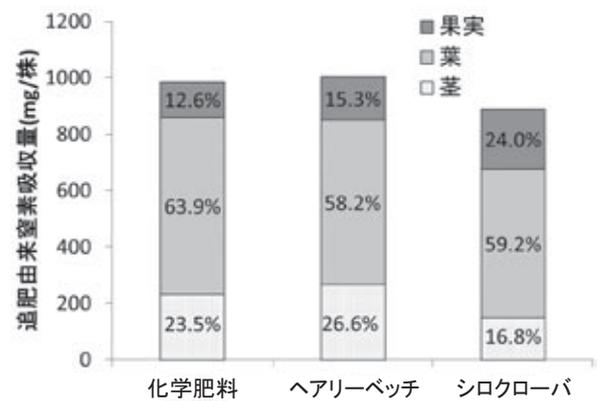
元肥を施用した圃場にトマトを定植し、しばらく生育させた後に、別の場所で生育させたヘアリーベッチやシロクロローバをトマトの株元に施用した研究では、緑肥を施用したトマト収量に大幅な増加が見られた。化学合成肥料区に比べてヘアリーベッチ区で44%、シロクロローバ区では74%の収量増加であった（図IV-8）。葉と茎の乾物重は、250g/株程度とほぼ同じであり、果実収量にのみ違いが見られた。重窒素（¹⁵N）で標識した緑肥や化学合成肥料を用いた窒素のトマト吸収や体内移動（転流）について解析したところ、ヘアリーベッチやシロクロローバに含まれる窒素は、吸収量は同じかやや低いものの、吸収後は優先的に果実に蓄積していた（図IV-9）。このことが果実収量の増収につながった理由と考えられる。このように緑肥の窒素養分は、植物に吸収された後、収量に結びつきやすいという興味深いデータが得られている。日本国内外でも同様な成果が出ているほか、アメリカ農務省の研究所では、詳細な研究が行われ、緑肥施用によりトマトの栄養代謝等に関わる複数の遺伝子転写活性が変化していることを明らかにしている（Fatimaら 2012）。緑肥や有機質肥料の効果とそのメカニズムは、まだ全て解明されているとは言えず、作物の生育増進や品質向上を飛躍的に高める可能性を秘めている。特にマメ科緑肥は分解が早く、養分放出も安定しているので追肥として利用しやすい草種であると言える。

トマト栽培においてマメ科の緑肥（ヘアリーベッチやシロクロローバ）を追肥として表面施用すると、



図IV-8 緑肥による追肥がトマト果実収量に与える効果（宮崎ら2011）

5月31日に、追肥としてヘアリーベッチ（722.6g乾物/m²）またはシロクロローバ（489.7g乾物/m²）を株元に1回施用した。



図IV-9 緑肥由来窒素のトマトによる吸収量と分配（宮崎ら2011）

注：数値は分配比を表す。

緑肥由来窒素が有効に利用され、トマト収量を増加させる可能性が高い（図IV-9）。しかし緑肥を表面施用した場合には、緑肥の上に灌水を行って緑肥の微生物分解を促すと共に、分解物（養分）を水と共に根域土壤に付与することに留意する必要がある。

ヘアリーベッチとカボチャの栽培体系については、「V. 雑草防除対策」に具体例が掲載されているので参照されたい。

3) 土壌管理による微生物性の改善

土壌中には多くの生物が生息しており、その量は普通の畑では生菌体で10a当たり平均して約700kg、乾燥菌体で約140kg存在するとされている。土壌生物は有機物の分解など多くの有用な働きをする反面、種類によっては病害や腐敗を誘発するものも多い。

土壌微生物の種類としては、大きさの順に糸状菌、放線菌、細菌、ウィルスがあるが、この中で土壌病原菌の種類で最も多いのが糸状菌で、これによる病気が70~80%占めるとされている。果菜類で問題になっているトマトなどの萎ちよう病、根腐れ病、キュウリ等のつる枯病、立枯病などは糸状菌によるものである。しかし、数は少ないが細菌によるものもあり、代表的なものとしてはトマト等の青枯病がある。

土壌病原菌が土壌中に生息していても必ずしも病害が発生するわけではないが、土壌病原菌

の密度が高まってきたり、作物の根が傷んでいたり、環境条件が悪化すると病気が発生しやすくなる（「VI. 病害虫防除対策」のI. 参照）。

このためには、輪作体系等により土壌病原菌の密度を低下させたり、土壌の過湿、過乾燥、肥料養分の濃度障害などにより根を傷めることのないようにしていくことが重要である。土壌病原菌の生息密度の低下に関しては、果菜類の場合ハウス栽培も多く、連作せざるを得ない環境条件にあるため、品種・台木の選択と共に、土壌病原菌の密度を高めないような土壌管理を行う必要がある。

土壌病原菌の密度を高めない土壌管理で重要なのは、以下の点である。

- ①根の周り（根圏）の微生物相を多様にし、特定の病原菌のみが増殖しにくくする。そのためには良質の有機物を施用することが重要である。
 - ②排水が悪い圃場は排水改善を行う。排水が悪いと根が傷みやすく、病原菌に侵されやすくなる。また、果菜類で大きな被害をもたらす青枯病等は水と共に移動しやすく、排水の悪い圃場では蔓延しやすい。
 - ③土壌pHを適正に維持することである。一般に糸状菌による土壌病害はpHが酸性域で活動が活発になるものが多い。
- なお、連作により土壌病原菌密度がかなり高まっ

てきた場合には、太陽熱土壌消毒を行わざるを得ない。これにより、土壌病原菌密度を下げた後、前記のような耕種的方法で対応する。

上記①に述べた根圏環境の改善については、有機栽培農家にとり極めて関心の高い事項であるので以下に詳しく述べる。

根圏と、根から離れた土壌とでは、土壌微生物の生息密度は大きく異なり、図IV-10に示したように根圏では根から分泌される糖、アミノ酸等を求めて多くの微生物が集まっている。

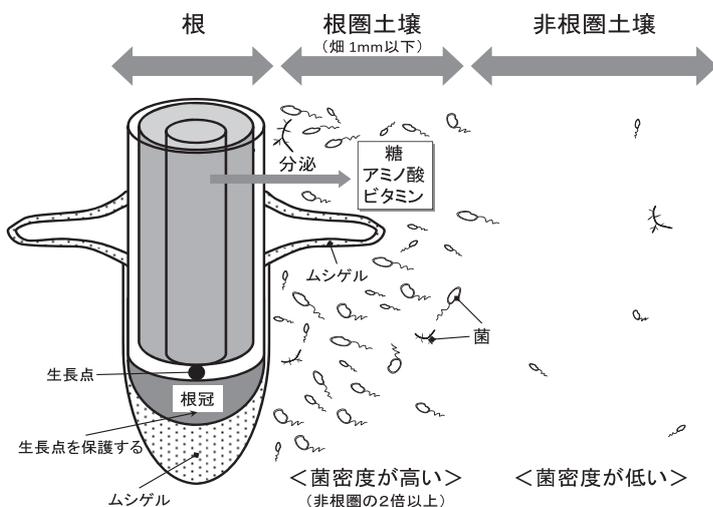
根圏に集まってくる微生物は作物に害を及ぼすものもあるが、その多くが作物に有害か有益か不明なものが多い。無菌作物に少量の病原菌を接種すると、ほぼ全部の個体が病気になる。しかし、同時に少量の非病原微生物を接種すると、病気になる個体はかなり減る。これは、非病原菌と病原菌の間で餌と住処を巡って競争が起き、素早く増殖した非病原菌が多くを占め、少数の病原菌を排除するからである。このように、ごくありふれた非病原性の微生物も病気の抑制効果を持っているが、病原菌の密度が上がると抑制が困難になる。このように、根圏微生物の多様化により病原微生物の抑制効果がある。

根圏微生物相の多様化を図るためには、良質な有機物を施用することが重要とされている。良質な有機物とは何かが問題となるが、これまでの多くの

調査結果を総合すると、生の家畜糞堆肥を施用すると土壌病害が助長されるという結果が多い。一方、十分熟成させた堆肥を施用すると萎ちょう病等の土壌病害が抑制されたという結果が多い。堆肥であれば良く熟成されたものを用いることが重要である。

また、有機質肥料についても注意する必要がある。例えば、生の米糠を施用すると糸状菌が多く増殖するので、糸状菌による土壌病害が問題になっている圃場では注意する必要がある。

土壌の微生物性を健全に保つことは作物生産に重要なことであるが、微生物



図IV-10 根圏土壌、非根圏土壌と土壌微生物の密度

((一財)日本土壌協会 土壌診断と作物生育(土壌医検定2級参考書))

表Ⅳ－８ 健全土と不良・病害土との微生物の種類と比率

	放線菌/糸状菌 A/F	細菌/糸状菌 B/F	放線菌/ フザリウム菌	細菌/ フザリウム菌
健全土	267	2,131	518,000	2,846,000
不良、病害土	187	910	192,000	817,000

資料：片倉チッカリン(株)

注：全国367点の調査結果による平均値

物の健全性を評価する指標は今のところ十分確立されているわけではない。しかし、土壌病原菌の種類70～80%が糸状菌であることや、その中でフザリウム菌の割合が大きいということから、糸状菌やフザリウム菌の比率を求め土壌の健全性を見ることが行なわれている。

その指標として、細菌/糸状菌数(B/F)値、放線菌数/糸状菌数(A/F)値などが提案されている。これまでに調査された水田、畑、樹園地等での健全土壌と、生育不良・病害土壌について、細菌数/糸状菌数(B/F)値及び放線菌数/糸状菌数(A/F)値との比較で見ると、健全土壌の方が生育不良・病害土壌よりかなり高い値を示す傾向がある(表Ⅳ－8)。

今回、果菜類の有機トマト作農家の圃場などで有機栽培圃場と周辺の慣行栽培圃場とを対比する形で土壌微生物性の調査を行った。有機トマト作農家の2戸について、周辺の慣行栽培トマト作農家圃場の土壌を比べると、全体的に有機トマト作圃場の方が、細菌数/糸状菌数(B/F)値、放線菌数/糸状菌数(A/F)値、放線菌/フザリウム菌、細菌/フザリウム菌の比率が高かった。

また、土壌の有機物分解に関する酵素(β

－グルコシターゼ)活性や病原糸状菌の生育を抑制する効力を表す病原抑止力についても調査したが、酵素活性については有機栽培圃場が高かった。こうした結果を総合的に見ると、有機栽培圃場の方が慣行栽培圃場より土壌の健全性が高いことがうかがえた(表Ⅳ－9)。この有機トマト作農家は2戸とも土壌病害は発生していない。また、両農家とも太陽熱土壌消毒を行っておらず、有機質資材としてS氏は十分熟成した野草堆肥とボカシ肥料を用いている。H氏も腐植酸資材とボカシ肥料、微生物(バチルス菌)資材を用いている。近くの慣行栽培農家の栽培内容は不明であるが、一般に土壌消毒を行っているとのことである。

トマトの有機栽培圃場と慣行栽培圃場で土壌の健全性に相違が生じた要因は明確ではないが、慣行栽培では化学合成農薬を利用し、土壌消毒を行っている可能性があり、また利用している有機質資材の相違などが考えられる。

また、有機栽培農家の圃場の中でも生育の良い圃場と劣る圃場がある。生育の格差が生じる要因としては化学性、物理性、生物性の要因があり、必ずしも生物性が要因となって生育が劣っているとは言えない。しかし、土壌の生物環境にどのよう

表Ⅳ－9 トマトの有機栽培圃場と周辺慣行栽培圃場の微生物性の比較

区分	栽培方式	細菌/糸状菌 (B/F)	放線菌/糸状菌 (A/F)	放線菌/ フザリウム菌	細菌/ フザリウム菌	酵素活性	病原抑止力
熊本県S氏(注1) K氏(注1)	有機栽培	211	37	16,250	92,500	650	66.2
	慣行栽培	10	17	—	—	248	70.2
岐阜県H氏(注2) I氏(注2)	有機栽培	91	95	19,091	18,182	686	65.2
	慣行栽培	46	24	4,071	7,857	456	65.6

注1：土壌採取時期は生育前期の平成25年11月中旬。

注2：土壌採取時期は生育終晩期の平成25年9月下旬。

((一財)日本土壌協会 平成25年度実証調査結果による)

表IV-10 トマト有機栽培農家の生育良好圃場と劣る圃場の微生物性の比較

有機農家	区 分	細菌/糸状菌 (B/F)	放線菌/糸状菌 (A/F)	放線菌/ フザリウム菌	細菌/ フザリウム菌	酵素活性	病原抑止力
熊本県S氏 (注1)	有機栽培(生育良)	189	84	66,667	150,000	457	72.0
	有機栽培(生育劣)	183	41	4,595	20,270	488	68.9
北海道T氏 (注2)	有機栽培(生育良)	581	107	3,762	20,476	912	64.3
	有機栽培(生育劣)	288	194	5,962	8,846	882	61.9

注1：土壌採取時期は生育前期の平成25年11月中旬。圃場は塩分濃度の高い地下水位が見られる地域。

注2：土壌採取時期は生育終晩期の平成25年9月下旬。

((一財)日本土壌協会 平成25年度実証調査結果による)

な影響があるかを見るため2戸のトマト有機作農家の栽培圃場で、生育の良い圃場と生育不良の圃場との微生物性の比較を行った。

その結果、生育の良い圃場の方が全体的に細菌数/糸状菌数(B/F)値、細菌/フザリウム菌、病原抑止力が高い傾向が見られた。その要因は明確でないが、生育不良の圃場では微生物バランス面でも問題がある可能性が推察される(表IV-10)。今後、良質な有機質資材を利用すると共に、排水性、pH等に留意して健全な土壌微生物環境をつくっていくことが重要である。

3. 施肥管理対策

1) 果菜類の施肥特性

(1) 栄養生長・生殖生長同時進行型の野菜

果菜類は一般に生殖生長に移行しても栄養生長を行い、開花・結実を繰り返していく習性がある。トマト、キュウリ、ナス、ピーマンは、茎葉の生長と果実の肥大、収穫が比較的長い期間並行して進むので、栄養生長と生殖生長のバランスをとるために栽培期間を通じて安定した養分の供給が必要である。

これらの果菜類では収穫後半まで樹勢が低下しないようにしていくことが、収量を上げ品質の良いものを収穫するために重要である。樹勢が低下してくると、キュウリでは曲がり果等が発生しやすくなる。カボチャでは特に着果後の玉肥大期に多く窒素を必要とする。

キュウリ、ナス、ピーマン、トマトは、普通栽培

以外にも促成栽培、半促成栽培、抑制裁培が行われており、有機栽培農家においてもいろいろな作型で取り組まれている。特に、促成栽培ではかなり長期にわたって収穫を行うこととなり、樹勢の維持は大変重要である。

全体的に安定した生育を維持するために重要なのが肥培管理で、特に着果後の土壌中の窒素濃度を一定にしていく必要がある。そのため、有機物施用により地力を高めると共に、生育診断を行い追肥を行っていく必要がある。果菜類の有機栽培農家の調査例でも、地力を高めつつ追肥を行っている農家が多い。

(2) 果菜類の種類別施肥特性

果菜類は一般に吸肥力が強い作物が多く、肥料に対する反応が鈍く多肥耐性の高いものが多い。その中でもナス、トマトは多肥耐性があり、少し肥料濃度が濃い状態で生育は良く多収となり、キュウリは最も耐肥性が弱い。ピーマンはこの中間にあるとされている。

トマトやカボチャは特に吸肥力が強く、肥料養分が十分ある場合は生育初期から茎葉が茂り過ぎ、着花が悪くなり、いわゆるつるボケが起きやすい。トマトは第3花房開花期が生育の転換期といわれ、肥培管理も異なってくる。第3花房開花期までは、栄養生長を抑えて着果等のための生殖生長を盛んにしていく肥培管理が重要である。第3花房着果後は、栄養生長と生殖生長のバランスがとれる施肥管理をしていく必要がある。

カボチャも元肥の肥効が強すぎるとつるぼけとな

り着果しにくくなるが、着果後には窒素を効かせていくことが重要である。

キュウリは定植後のどの時期をとっても肥料が切れている方がよいという時期はなく、栽培全期間を通じて肥料が効いていることが必要である。キュウリは水分の要求量が大い野菜であり、果実肥大期に水分が不足すると、果実の肥大は著しく悪くなり、品質面でも曲がり果や尻細り果、短形果などの変形果を生ずる。

ナスは生育期間中に絶えず窒素の肥効が持続するように過不足なく十分な量を与える必要がある。生育中に窒素が不足すると草勢が弱まり、一旦このような状況になると回復させるのに日数がかかって結果的に収量が低下する。収穫後半まで草勢が低下しないことも総収量には大きく影響する。

ピーマンの場合、施肥量不足では減収するが、適量の幅が広く、施肥量と収量との関係は薄い。ピーマンでは多肥による徒長や着果不良が起こりにくく、むしろやや多めの施肥が生育を抑え、草型を整え、草勢の安定につながる。また、茎葉中の窒素濃度が高めに経過することが、収量面でもよい結果を示すと言われている。ピーマンは、肥料分が不足すると着果が少ない時期に葉色が淡く、葉が大きめで節間も長くなる徒長的な生育を示しやすい。

果菜類は一般に着果・肥大してくると、着果負担のため樹勢が衰えてくる傾向にあり、そのために施肥管理が重要であるが、それと共に着果量等を調整していくことも重要である。特にナスやピーマンでは着果が開始されると根が弱ってくるので、不良果、奇形果を除去することはもちろん、草勢に応じた着果負担とするため早採りすることも必要になる。周辺の慣行栽培圃場以上に収量を上げている有機ピーマン作農家では遅くまでピーマンの果実を樹においておくと、着果負担により樹勢が落ちてくるので、収穫が遅れないよう適期の25～30g/果で収穫するよう努めている。

2) 有機果菜類作の施肥管理上の留意点

(1) 地力を高める

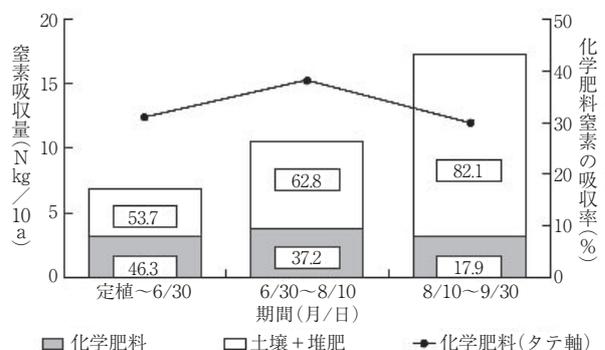
有機栽培農家が面積を拡大する場合には、遊休農地等の借地をする場合も多いが、そうした農地は一般に地力が低い場合が多い。果菜類の有機栽培農家でも多くの農家が新たに有機栽培を開始した圃場では収量が上がらず、病気が多いと言い、土づくりが進み地力が向上してくると、安定した収量が得られるようになるとしている。また、土づくりが進んでいる圃場ほど栽培し易く、収穫期間が長くできるとしている。

このように地力が高まることにより、収量が高まってくる要因として大きいのは、地力窒素の発現量の増加である。地力窒素は地温が高まり土壌中の有機物が微生物により分解されて発現してくる無機態窒素（可給態窒素）で、その発現量は特に腐植量の多寡や地温が影響する。

夏秋ピーマンの研究例で見ると、地温の低い生育初期には肥料窒素の占める比率が大きいのが、地温の上がる生育中期～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%を占めている（図IV-11）。

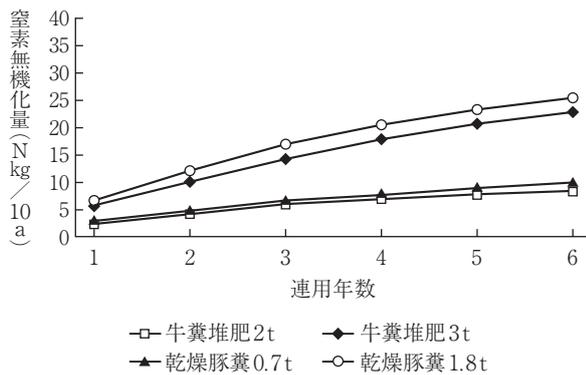
地力窒素の高まった土壌では、地力窒素が優先的に吸収される傾向がある。また、堆肥等有機物を連用すると地力窒素の発現量は増加してくる（図IV-12）。

果菜類では長期間栽培されることが多いため、



図IV-11 肥料、土壌由来の窒素の吸収量と吸収比率（ピーマンへの全量元肥施肥）（小野2001）

注：図中の数字は期間毎の各窒素給源の比率（%）



図IV-12 有機物連用年数と窒素無機化量
(小野2001)

途中で肥切れを起こさないようにすることが重要である。

果菜類の果実による収穫期間の養分吸収量は多く、施肥のみで十分対応しきれないことがある。良質堆肥の施用によって腐植含量を高め、地力窒素の発現を増進させることにより成り疲れより着果することによる樹勢の消耗の軽減を図ることができる。また、良質堆肥の施用は土壌の団粒化や保肥力の向上を図り、養分の吸収しやすい土壌環境を整える効果もある。

一方、このように地力窒素の発現量の多い土壌に対し標準的な施肥を行なうと、施肥した窒素は利用されずに跡地に残存しやすい。従って、地力窒素の発現量のかかなり高まった圃場では地力窒素を考慮した減肥を行う必要が出てくる。

【参考技術情報】有機物施用とピーマンの生育等の実証試験例

栃木県で有機栽培を行っているM氏は、遊休地（黒ボク土）を借用し平成22年及び23年に牛糞堆肥を10t/10aと5t/10aの2区を設けて葉菜類を栽培したが生育が思わしくなかった。そこで平成24年にそれぞれの区に鶏糞堆肥2t/10と1t/10aを施用したところ、ホウレンソウ、レタスが収穫できるようになった。この圃場でピーマンを平成25年に栽培したところ、圃場区画の腐植含量の高まりに応じ生育量、収量が大きく異なった。写真IV-2は平成22年に牛糞堆肥5t/10aを施用し、平成23年及び24年に鶏糞堆肥を0t/10a、2t/10a、1t/10a施用した区にピーマンの有機栽培をした。その結果、土壌の腐植含量や無機態窒素の高まりに応じて生育量、収量が増加した（表IV-11）。



写真IV-2 土づくり対策の状況とピーマン生育等の状況
(写真の左から鶏糞0t/10a、鶏糞1t/10a、鶏糞2t/10a区)

表IV-11 遊休地からの造成圃場における堆肥施用量とピーマンの収穫量等（平成25年）

	鶏糞0t/10a	鶏糞1t/10a	鶏糞2t/10a
腐植含量	6.7%	7.3%	7.5%
無機態窒素	1.4mg/100g	2.8mg/100g	3.0mg/100g
6株収穫個数	57個	107個	136個

注：1. 平成22年7月に堆肥を5t/10a/を施用し、鶏糞は平成23年及び24年に施用

2. 平成25年6月25日定植、8月13日～10月28日までの収穫個数

3. 土壌分析用の土は収穫期に入った平成25年8月13日に採取

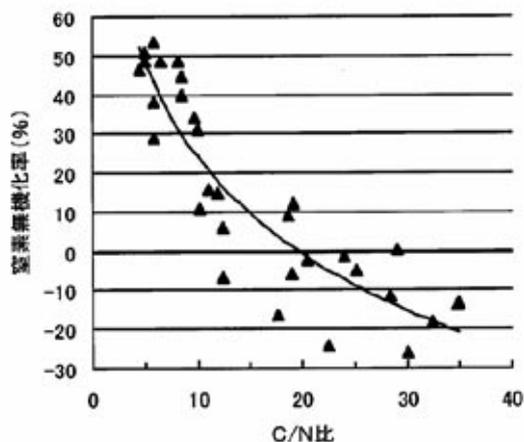
((一財)日本土壌協会 平成25年度実証調査結果による)

(2) 有機物の肥効

一般に果菜類では栽培期間が長いため、元肥の施肥と共に追肥を行い肥切れをしないようにして樹勢を維持していくのが普通である。果菜類の有機栽培農家でも、多くの農家が追肥を行っている。また、果菜類の場合、普通栽培、半促成栽培、促成栽培、抑制栽培などいろいろな作型があり、栽培期間が異なると共に、栽培時期も温度の異なる季節に栽培される。こうした中で施肥管理上留意しておく必要があるのが有機物の窒素分の肥効発現の状況である。すなわち、有機質肥料に含まれる窒素は全量が作物に吸収されるわけではなく、微生物による分解過程で無機化された窒素量に応じて肥料効果を現わす。また、有機質肥料の無機化される速さや量はその種類によっても異なるし、地温、pHなどが影響してくる。

①有機質資材の種類と窒素無機化率

有機質肥料の種類の違いによる窒素の無機化速度に大きく関係してくるのが、その資材に含まれる炭素と窒素の比率（C/N比）である。有機質肥料に含まれる窒素成分が作物に吸収される割合（有効化率）はおおよそ目安で、C/N比20以上の資材での有効化率は0%であり（微生物が活動のため窒素を取り込むいわば窒素飢餓状態）、C/N比15~20の資材では10%、同10~15の資材では20%、同10以下の資材では30%以上とさ

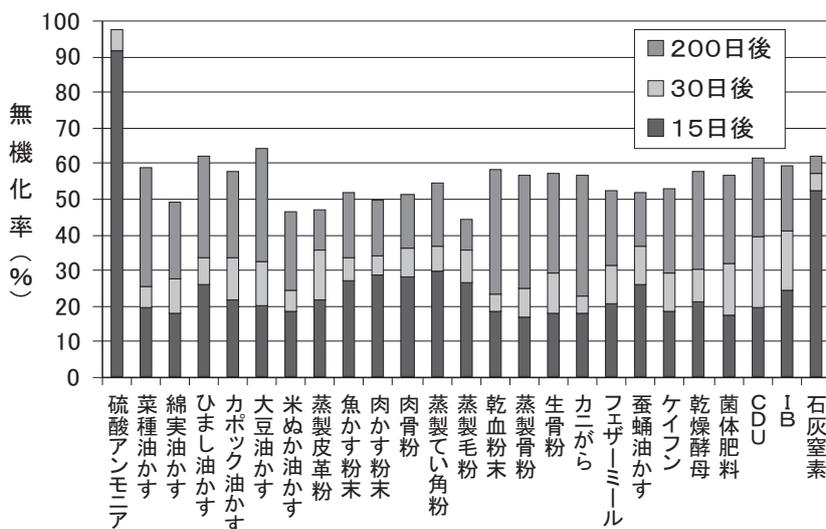


図IV-13 有機物の炭素率と窒素無機化との関係
(神奈川県作物別施肥基準2002)

れている。但し、これは投入年の目安であり、翌年以降に微生物によって取り込まれた窒素が微生物の死滅に伴ってタイムラグをもって発現してくる（図IV-13）。

有機質肥料の窒素の肥効は一般に緩効的に現れる。有機質肥料の種類別に温度30℃で時間の経過と共に、どの程度分解されるかを調査した結果を図IV-14に示す。多くの有機質肥料の窒素は種類によって異なるが、当年に約40~70%が無機化されてくる。

また、有機質肥料の種類別には、土壤に施用初期の窒素の無機化率は、動物質有機肥料が植物質有機肥料より高い傾向にあり肥効の発現が早い。後期には大豆油粕、菜種油粕、ひまし油粕



図IV-14 有機質肥料の窒素の無機化率（野口2001）

注：未耕地土壌（赤黄色土）にそれぞれの肥料を土100g当たり50mgを添加し、水分最大容水量の60%、温度30℃に加温し測定。

などの窒素無機化率が高くなる傾向が見られる。大豆油粕、菜種油粕等の窒素の肥効発現は動物質有機肥料と比較して緩効的である。

有機質肥料はその原料などによって肥料成分が異なるが、主な有機質肥料分析例は表Ⅳ-12の通りである。個別品目で見て特に窒素成分の多いのは、フェザーミール、蹄角、乾血である。リン酸はリン酸カルシウムの形で含まれる骨粉類に多く含まれ、植物質ではフィチン態リン酸で含まれる米糠に多く含まれるが、肥効は動物質のリン酸が早くて高いとされている。

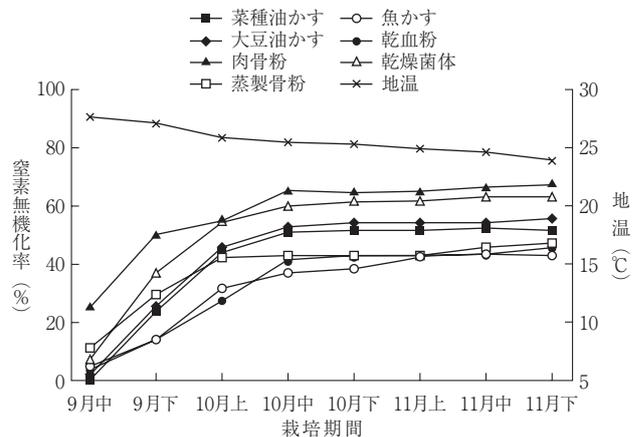
加里は有機質肥料では少ないが、動物質では蛹粕、乾血に比較的多く含まれ、概して植物質のものが動物質のものに比べて多い。

石灰は骨粉類とカニガラに多く含まれ、窒素、リン酸供給を目的に施用する場合は、それ以上に石灰が施用されるので注意が必要である。

苦土は動物質ではカニガラ、骨粉に比較的多く含まれるが、概して植物質に多く含まれる。

②圃場での窒素無機化の調査例

圃場に実際に有機質肥料を施用した場合の窒素の肥効についての調査結果を図Ⅳ-15に示す。メロン栽培圃場で各種有機質肥料を用い、地温25℃前後で9月中旬以降の旬別の窒素無機化率を調査したものである。これによると、9月中旬



図Ⅳ-15 有機質肥料の時期別窒素無機化量の推定 (郡司掛1999)

注：地温は抑制メロン栽培における調査

表Ⅳ-12 主な有機質肥料の成分組成の分析例 (乾物当たり) (野口2001)

有機質資材名	全窒素 %	全リン酸 %	全加里 %	全Ca %	全Mg %	炭素 %	C/N比
魚 粕	9.75	8.54	0.47	0.09	0.37	35.53	3.64
肉 粕	10.23	2.47	0.41	3.19	0.08	37.68	3.68
肉 骨 粉	7.21	10.25	0.23	32.09	0.40	30.56	4.24
蒸製骨粉	5.30	21.30	0.12	51.42	0.74	21.75	4.10
生 骨 粉	4.90	24.72	0.07	53.93	0.80	10.73	2.19
蹄 角	13.75	0.24	0.03	0.62	0.03	35.22	2.56
乾 血	12.93	0.78	0.61	0.09	0.12	36.79	2.85
皮 粉	9.68	0.16	0.03	2.73	0.26	34.56	3.57
毛 粉	7.17	0.34	0.21	0.64	0.12	35.28	4.92
フェザーミール	13.78	0.60	0.10	0.37	0.04	43.05	3.12
カニガラ	4.24	5.34	0.22	47.33	1.83	14.42	3.40
蛹 粕	9.30	1.81	1.07	0.20	0.67	41.18	4.43
なたね油粕	6.22	2.84	1.38	0.94	0.90	35.72	5.74
綿実油粕	5.66	2.29	1.38	0.29	1.09	32.94	5.82
ひまし油粕	6.64	2.02	1.03	0.81	1.02	29.99	4.52
カボック油粕	5.39	2.22	1.74	0.65	0.93	39.33	7.30
大豆油粕	7.72	1.69	2.22	0.40	0.48	32.95	4.27
米 糠	3.20	6.68	1.51	0.38	2.36	33.65	10.52
乾燥酵母	9.71	1.14	0.18	0.32	0.17	39.57	4.08

に油粕類、魚粕類、蒸製骨粉などの有機質肥料を施用した後の1カ月後には40～65%程度の窒素が無機化しており、その後横ばいとなっている。

このように、主な有機質肥料の窒素無機化は25℃前後という微生物の活動にとって好適な条件の下では約1カ月間でほぼ窒素の無機化が完了している。

③有機物の窒素無機化と地温、pHの関係

地力窒素の発現量に最も大きく影響するのは地温である。地力窒素は15℃以上で発現し始め、20～25℃で最も多く発現してくるとされている。岡山県農林水産総合センターが籾殻牛糞堆肥（C/N比24.7、全窒素1.4%）を年間6t/10a施用した土壌で試験した結果によれば、堆肥施用土壌からの窒素の供給は、温度の影響を受け、温度が高いほど無機化速度は速かった（図IV-16）。また、C/N比24.7の籾殻牛糞堆肥では堆肥連用1年目では、窒素供給量は少ないが堆肥連用7年目では、堆肥施用後の窒素取り込みは少なく、1カ月後には窒素供給量が増加している。

さらに、有機質肥料の無機化速度に関係してくるのが地温と共に土壌中のpHである。pHの変化は微生物の活動に大きく影響し、有機質肥料の無機化速度に関与してくる。多くの有機質肥料は酸性域では窒素無機化率が遅く、pHが中性域になると無機化率が高くなっていく。pHの管理も有機質肥料の肥効を高めるためには重要である。

このように有機質肥料の特性から、果菜類の有機栽培農家では、特に寒冷地や寒い時期の追肥は早めに行っている農家が多い。また、追肥は比

較的速効性のあるボカシ肥料を用いたり、液肥を用いている有機栽培農家が多い。

(3) 土づくりと病害虫の発生

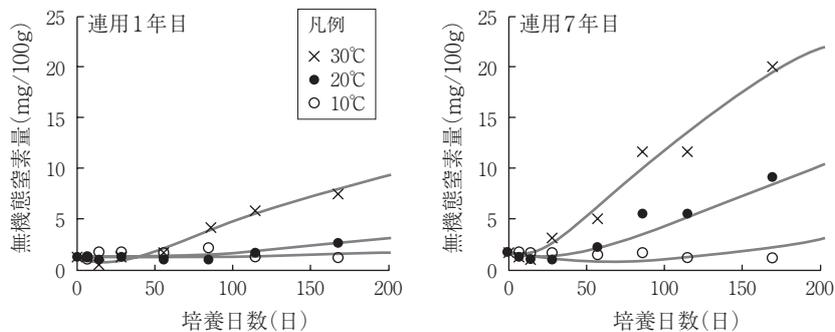
果菜類の有機栽培において特に問題になるのは病害虫対策である。作物が病害虫に罹りやすいのは一般に健全な生育をしていない時である。あるピーマン作農家は有機栽培開始初年目には害虫ではアブラムシ、病害ではうどんこ病が多発しその対応に苦慮したという。これは、土壌にほとんど窒素がない状態でピーマンを栽培したため、葉色も薄く樹勢が弱く、特にうどんこ病が多発し大きな被害を受けたという。その後施肥を行い、樹勢が回復したら発生が少なくなったとしている。特に、うどんこ病は樹勢が劣ると発生しやすい。

また、果菜類は成り疲れで樹勢が低下しやすい。このため、有機キュウリ作農家は、生育期後半に樹勢が低下すると病気が出るので、灌水代わりに液肥を施用している。

このほか、有機物の質も害虫の発生に影響する。ある有機トマト作農家は発酵の状態が悪い有機物を施用した時、アブラムシが大発生したとしている。

(4) 土壌管理と生理障害

果菜類は果実に生理障害が出やすく、特にトマト、ピーマンの尻腐れ症、キュウリの曲がり果などは多く発生が見られる。こうした症状は施肥の問題のみではなく、複合的な要因で発生する。果菜類の有機栽培農家の中でも、トマトで尻腐れ症の発生やキュウリの曲がり果などが発生している。ま



図IV-16 堆肥を施用した土壌からの培養温度別窒素供給量

(一財)日本土壌協会2003 岡山県農林水産総合センターを一部改編

た、一部ズッキーニの有機栽培農家でホウ素欠乏が見られている。

① トマト等の尻腐れ果

トマト、ピーマンなど果菜類では果実の先端が黒化する尻腐れ症が発生しやすい(写真Ⅳ-3)。尻腐れ果はカルシウム欠乏によって発生するが、土壌中のカルシウム含量が低いことよりも、その他の要因で発生することが多い。カルシウムは作物体内では移動しにくく、盛んに細胞分裂している部位に行きわたりにくい。カルシウムは作物体内では水と共に移動するので、高温、乾燥の時のように水分が少ない環境で欠乏症が発生する。特にトマトの場合、糖度向上のため節水栽培を行うことが多いので、発生が多く見られる。従って、特に高温時期の施設栽培での節水栽培では水管理に注意する必要がある。

また、カルシウムの吸収はカリウム、マグネシウムと共に、アンモニア態窒素と拮抗作用があり、これらの元素が多量にあると吸収されにくくなる。これらの塩基類の中では、特にアンモニア態窒素の影響が最も大きい。太陽熱土壌消毒を行った後では硝酸化成菌が減少し、土壌中でのアンモニア態窒素から硝酸態窒素へ転換が進みにくくなる。このため、アンモニア態窒素過剰によるカルシウム欠乏が起こりやすい。そうした時には有機物を投入するなど土壌中の微生物相の多様化を進めたり、硝酸態窒素まで分解の進んだ有機質肥料を用いることも大切である。



写真Ⅳ-3 トマトの尻腐れ果



写真Ⅳ-4 キュウリの曲がり果
(提供：HP 埼玉の農作物病害虫写真集)

② キュウリの曲がり果

キュウリの曲がり果は、株が若く草勢の強い収穫初期には発生は少ないが、株が老化したり、葉に病気が発生したり、肥え切れや日照不足や乾燥で栄養状態が悪くなると発生が多くなる。また、着果数の多い品種や長形の品種で発生が多くなる。曲がり果には、自然に曲ったもののほかに、肩こけ果で曲っているもの、尻太り果で曲っているもの、尻細り果で曲っているものなどがある(写真Ⅳ-4)。一般に葉からの同化産物の転流量が少なくなると曲がり果が発生しやすい。

曲がり果の発生は肥切れと関係深いことから、キュウリの有機作農家の中には、追肥のタイミングは曲がり果が見られてきたら行うという例もある。しかし、一般には曲がり果が発生する段階では追肥時期として遅いので、その前に追肥しておくことが望ましい。

曲がり果の対策としては、①葉の同化機能を高め、株全体に活力をもたせる。②適期に追肥を行い、肥切れを起こさせない。③土壌の極端な乾燥や過湿を避ける。④日射量の弱い越冬、促成、半促成などの作型では、葉はもちろん果実にも十分光をあてる。受光態勢の良い1条植えを採用すると共に、栽植株数を減らすことが効果的である。

3) 有機果菜類に対する施肥

(1) 主な肥料成分と果菜類の生育

有機農業で用いられる有機質肥料に単肥は少ないが、果菜類の施肥特性に合わせた肥料成分

割合を持つ有機質肥料を用いていくことが収量、品質向上のために重要である。

その場合の主な肥料成分と果菜類との生育との関係は以下の通りである。

①窒素

果菜類の生育、収量、品質に最も影響に大きな肥料成分である。トマト、キュウリ、ピーマン、ナスは生育期間が長く、窒素養分を切れ目なく供給していくことが重要である。生育段階によって窒素の必要量は異なるが、収穫開始から終了時まで土壌中の無機態窒素濃度が一定水準を満たしていないと花落ち等により収量低下をもたらす。一般に果菜類は着果、肥大に養分を要し、土壌中の無機態窒素量含量が10mg/100gを切ると収量が低下する。追肥は果実の肥大・充実と茎葉の伸長を図るという観点から行われており、多くの果菜類で収穫期は無機態窒素量含量が10mg/100gを切らないようにするのが良いとされている。

トマトについては、第3花房開花期までは栄養生長を極力抑える必要があるため、窒素を控え目にするが、それ以降は、無機態窒素量含量が10mg/100gを切らないようにしていくことが収量面から望ましい。

キュウリについては、土壌無機態窒素は促成栽培で10~20mg/100g、抑制摘心栽培で生育前半15~25mg/100g、後半10~15mg/100gが適当であるとされている。

ナスの場合も安定した収量・品質を得るためには、土壌中無機態窒素量を10~20mg/100gに保つ必要がある。ピーマンについても土壌中の適正な窒素濃度は10~20mg/100gの範囲にあり、10mg/100g以下であると肥料切れを起こす。

カボチャも生育初期は窒素を抑え気味にするが、着果して玉肥大が開始されると多くの窒素を必要とする。そのため、無機態窒素は20~30mg/100gが必要であり、20mg/100g以下に落ち込まないよう、着果に応じて追肥で補う必要があるとされている。

一方、トマト、ピーマンでは、アンモニア態窒素などを多施用した場合には、石灰の吸収・移

行が阻害されて、尻腐れ果が多発しやすいので注意する。

②リン酸

リン酸は発根力を高めて根群の発育を旺盛にし、花芽分化を促進するので、リン酸吸収力が弱い育苗期には多く与える。従って、育苗培土に肥料施用する場合はリン酸肥料の比率を高めて調合するのが良い。また、定植後も開花、結実に影響を与えるのでリン酸は重要であり、特に栽培前期から中期にかけての肥効は収量への影響が大きいので、元肥による施用を中心に生育診断をしつつ追肥も行なうことが望ましい。

ピーマンではリン酸が不足すると不良花が形成されて、結実しないで落花（果）することがあるとされている。土壌診断により土壌診断基準の20mg/100g以上に保つよう施用する。土壌中の有効態リン酸濃度と収量との関係は、トマトで有効態リン酸が130mg/100g程度までは収量が向上し、それ以上では横ばいとなるというデータがある。

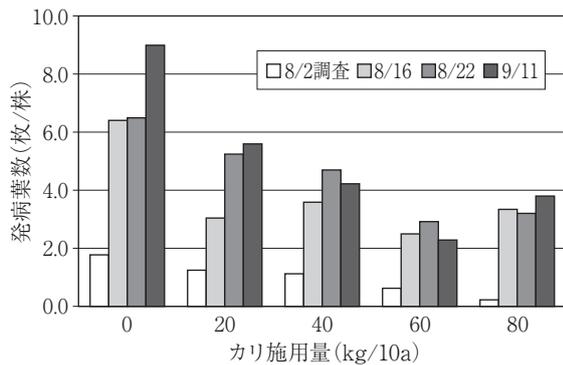
③加里

果菜類が吸収する肥料成分で最も多いのは加里（カリウム）であるが、果菜類に限らずほとんどの作物に共通する傾向である。加里は非常に吸収されやすいため、作物が必要とする以上に吸収されており、いわゆる贅沢吸収が起こる。

加里は果実の肥大に影響するので収穫期に入ってからが重要な養分である。加里欠乏は土壌中の交換性カリウム含量が15~20mg/100g程度まで低下しないかぎりまず起こらない。

加里は作物の耐病性等を増すとされているが、一定水準まではその傾向が見られる。しかし、加里過剰になるとかえって病気に罹りやすくなることも報告されている。トマトで土壌中の交換性カリウム含量が60mg/100g以上になると灰色かび病が増加する傾向が見られるという。

北海道立農試が大玉トマト（8月~10月収穫）を用い、加里施用と灰色かび病の発病との関係を調べた結果では、加里の施用に伴って発病葉数が減り、60kg/10a加里を施用した場合に最も少なかった。しかし、加里を80kg/10aに増やして施用



図IV-17 加里施用量と灰色カビ病発病葉数の関係
(北海道農業研究成果情報2008)

すると発病がかえって増えてきたという結果を得ている(図IV-17)。

このように、カリウムの土壌中濃度が適正であり、加里施用量も適正であれば、病害抵抗性も増加する。しかし、土壌中交換性カリウムが過剰な状態になると病害の発生を助長する。また、加里過剰により石灰や苦土の欠乏を引き起こすことがあるので、土壌の塩基バランスに注意する必要がある。

④苦土

苦土(マグネシウム)は葉の葉緑素形成に関与し生育全期間にわたって吸収されているが、果実肥大期からの吸収が多くなる。この時期に苦土が欠乏すると欠乏症が下位葉から現われ、葉脈間が黄化し収量にも影響する。

多くの作物で土壌中の交換性マグネシウムが10mg/100g以下になると、欠乏症が発生するとされている。果菜類でも苦土欠乏は良く見られる。ナスに多く発生するマグネシウム欠乏症は、接ぎ木の場合、台木の影響も大きく、ヒラナス台で発生しにくく、トルバム等他の台木では発生しやすい。交換性マグネシウムが10mg/100g以上になるよう元肥を施用する。

また、苦土欠は塩基バランスの乱れによって発生することが多いので、加里と石灰とのバランスが重要である。

⑤石灰

石灰(カルシウム)は作物に必要な養分としての働きと共に、土壌pHを調節する働きがある。多くの作物のカルシウム吸収量は窒素と同量かそれ

よりもやや少ない程度であり、吸収量が多い。しかし、カルシウムの吸収しにくさや体内移動がしにくいといった特性などから、土壌中に交換性カルシウムが十分あっても欠乏症が発生することがある。

カルシウムの作物の病害抵抗性を高める効果も確認されていて、トマト青枯病はカルシウム濃度の高い方で発生が抑制されたとの報告もある。

カルシウム過剰で問題になるのは多くの場合、カルシウム濃度の上昇ではなく、pHの上昇である。土壌中のカルシウムが過剰になると、土壌がアルカリ性となり、モリブデン以外のマンガン、ホウ素等微量元素の溶解度が低くなり、これら微量元素の欠乏症が発生しやすくなる。

ズッキーニの有機栽培農家でホウ素欠乏が見られたということもあり、pHが適正域にあるよう土壌管理をすることが重要である。

(2) 生育診断と施肥管理

①施肥法

果菜類は栽培期間が長い場合が多く、多くの有機果菜類栽培農家は元肥と共に、生育診断をしながら追肥を行っている。中には、元肥のみで追肥を行っていない農家の例もあるが、こうした農家の圃場は地力があり、地力窒素の発現により長く肥効が期待できる圃場であるとか、有効土層が深く深層まで肥料分がある場合が多い。また、根が伸長して、吸収できる深層溝施用を行っている例も見られる。トマトのように第3花房開花期までは栄養生長を抑えて栽培する必要のあるものでは、元肥を畝立する箇所(深層)に施用するなどの工夫をしている例もある。しかし、労力や深層溝施用を行う機械の装備等の問題もあり、多くの有機果菜作農家は全面全層施肥の場合が多い。

果菜類は普通栽培以外にも促成栽培、半促成栽培、抑制栽培と温度条件の異なるいろいろな作型で取り組まれている。特に促成栽培のような作型ではかなり長期にわたって収穫を行うこととなり、樹勢の維持は大変重要である。こうした中で全量元肥施用の問題点としては長期栽培において生

育調節がしにくいことが挙げられる。基本的には追肥分も元肥として施用しているため、施肥後は肥料のコントロールがやりにくい。例えば、樹勢が強いので肥料を減らすとか、追肥を控えて蔓ぼけを回避するとかといったきめ細かい肥培管理ができないのが大きな欠点である。その場合でも、灌水量のコントロールによって土壌養分の吸収を制御するなどの工夫を行って、これら問題を克服している例もある。

このため、多くの有機果菜類農家では安定した収量が得られるよう有機物施用により地力窒素の発現を促すと共に、元肥施用後、生育の状況、着花・結実の動きを観察しつつ追肥を行っている。

②生育診断と追肥

有機栽培における追肥は有機質肥料を用いるため、一般に窒素の肥効が遅れて発現するので、早めの対応が重要である。有機質肥料は追肥したからといってすぐ効果が現われるわけではなく、追肥後、土壌中の肥料成分濃度が上がってくるには日数がかかる。このことを勘案して、生育の変化を観察しつつ追肥を行っていく必要がある。

多くの有機栽培農家や試験研究機関が指摘している窒素肥料等の過不足の生育判断のポイントは次のような点である。

i. 肥料の過不足の主な生育診断ポイント

i) トマト

肥料が切れてくると葉色が淡く葉が立ってくる。また、窒素が少ないと葉色が薄く、茎が細くなる。こうした時には追肥が必要である。窒素過剰になると、生長点付近の葉の葉色が濃く、葉が巻いたりねじれるようになる。

ii) キュウリ

栽培中に養分が不足するとキュウリの葉は大きくなり、葉の厚さや葉色は薄くなって徒長的な生育を示すようになる。こうなると、曲がり果等が出やすくなる。また、樹勢が弱くなってくると、茎が急に細くなったり、生長点付近が小さくなってかんざし状となるので、このような場合には直ちに追肥を行なう。有機キュウリ作農家の中には、曲がり果(幼果)が見られてきたら追肥を行うという例がある。

iii) ピーマン

ピーマンの場合、大切な診断箇所は、開花している花から先端までの距離であり、定植後若い株では10~12cmくらい、節間が4~5cmである。しかし、着果が増加した中期では、先端部から5cmくらいといわれている。これより短くなると草勢が低下している証拠となるので、早急に追肥を行う必要がある。

iv) ナス

節間が詰まってきた時と短花柱花の発生しそうな時に追肥を行う。窒素過多の場合は、茎径が太く鮮やかな紫色で光沢があり、懐部の側枝は立ち枝となり、茎径が太く着花位置が高くなる。また、がくがよく伸び、青がく、鬼花、舌出し果、双胴果、グローブ果の症状がみられる。

v) カボチャ

畝間全面に葉が重なり合う程度まで広がっているのが順調な生育であり、葉の直径が35cm前後を維持したい。これよりも小さい時は窒素肥料を追肥する。

ii. 追肥の方法

追肥はボカシ肥料(後述)を畝間や畝肩に施用するが多い。また、液肥を灌水チューブで灌水と合わせて行っている例もある。追肥の方法は果菜類の種類や気象条件等によって異なっている。

主な追肥を行っている有機果菜作農家の対応例は以下の通りである。

i) トマト

北海道の有機トマト栽培農家では、最初の追肥は低温であることや有機質肥料の特長から化学合成肥料より肥効発現が遅いので、3段目の花が咲く前頃(3月下旬定植の作型のもの)の追肥時期は5月中旬頃に施肥をしている。肥料は魚汁系ソリュブルを用いている。3月下旬定植の作型では1カ月に2、3回、合計12回の追肥を行っている。有機液肥は300倍液を灌水チューブから流している。効き始めるまでには1週間くらいかかるので、有機質肥料の特性を考え、早めに追肥するようにする。

ii) キュウリ

埼玉県の有機キュウリ栽培農家では、キュウリは水分を多く必要とすることから灌水代わりに薄い液肥を施用している。また、京都府の有機キュウリ栽培農家では、畝肩もしくは通路に追肥を施用しており、1回目は両方（畝肩、通路）に施用している。

iii) ピーマン

宮崎県の有機ピーマン栽培農家では畝肩にボカシ肥料を施用すると共に、灌水チューブを用いて薄い液肥を施用している。

iv) ナス

北海道の有機ナス栽培農家では、防草シートを敷く前に追肥をやり、表面を軽く混ぜてシートを敷き、必要に応じて灌水している。やがて、通路まで細根がびっしり出てくる（キュウリの場合も同様である）。

群馬県の有機ナス栽培農家も、畝と畝の間の通路に敷いてある防草シートの下にボカシ肥料を施用している。

v) カボチャ

北海道の有機カボチャ栽培農家では、追肥は畝間に行い、除草も兼ねてロータリーをかけている。秋田県の有機カボチャ栽培農家では、地力の低い圃場で中耕を兼ねて追肥を施用している。着果が6月上旬なので、この頃の生育を見て追肥の判断をしている。有機質肥料は畝間の蔓の届いていない所に施用している。

また、ズッキーニでも多くの農家で追肥が行なわれており、収量の多い農家ほど追肥回数は多い。鹿児島県の有機ズッキーニ栽培農家では油粕を2果目の収穫時（定植後40日目頃）から10日間隔で、根の伸びてきているのが見える通路に3回表面施用している。

(3) 養分バランスを保つための土壌診断

雨除け栽培など施設を利用した有機栽培では、圃場や施設の制約から1棟当たり施設面積が2a、3aと狭いこともあり、同一作物をいくつかのハウスで栽培していることが多い。この場合、同一種類の土壌で、同一作物を栽培していても、生育較差が見られることがある。作物の生育較差の要因は土壌の化学性のみではなく、物理性の違いが大きな要因になっている例も多い。土壌の物理性は、ある程度圃場の排水状況等を観察することにより把握できるが、土壌の化学性については分析して見ないとわからない。

これまで、多くの有機栽培圃場において土壌の化学性診断を行ってきたが、有機栽培圃場においても養分バランスの面で問題のある例がいくつか見られている。例えば、長年有機栽培でハウレンソウ等葉菜類を栽培してきているある地域では、ハウレンソウにマンガン欠乏による生理障害が発生していた。その要因は長年にわたり鶏糞を中心に施肥をしてきたために、土壌のpHが高くなってきて、マンガンが吸収されにくくなったことによるものであった。

有機栽培においても、圃場間で生育較差が見られることはよくあることであり、いくつかの事例について土壌診断を行なった。今回の土壌診断農家のうち、北海道で大規模なトマト有機作を行っている農家は、ハウス栽培（生食用主体）と露地栽培（加工用）を夏秋栽培で行っている。ここでのハウス栽培の同一作型の生育状況の違いに着目し、また露地の加工トマトの単収はハウス栽培の1/2以下の収量とのこともあり、それぞれ土壌診断を行ってみた（表IV-13）。

露地栽培（加工用）は、元々収穫期間が短いことやその特性もあって収量は生食用のハウス栽培

表IV-13 北海道の有機栽培農家のトマト圃場の土壌分析例（土壌採取時期は平成25年9月下旬）

区分	pH (H ₂ O)	腐植含量 (%)	全窒素 (%)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	硝酸態窒素 (mg/100g)	有効態リン酸 (mg/100g)	交換性カリウム (mg/100g)	交換性苦土 (mg/100g)	交換性石灰 (mg/100g)	塩基飽和度 (%)	苦土加里比 (当量比)
ハウス生育良好	6.2	6.6	0.3	0.5	7.6	80.1	52.2	87.3	437	107	3.9
ハウス生育不良	6.5	7.0	0.3	16.3	4.7	75.2	87.3	95.8	456	102	2.6
露地加工用	6.0	10.2	0.5	0.4	2.6	50.7	76.7	41.7	262	62	1.3

培と比べて低いが、土壌の化学性の面からは塩基飽和度が低く、これが低収量の要因にもなっている。特に石灰が不足している。リン酸は一般的な各種野菜を対象とした土壌診断基準に照らせば適正範囲内にあるが、トマトの場合はこれまでの調査結果からみて、施肥基準値より高い成分値まで収量が上がるのが観察されている。リン酸含量については、ハウス栽培の生育不良の棟も同様でやや低めであった。

また、露地栽培（加工用）の塩基バランスで苦土/加里比（当量比）は1.3となっており（望ましい苦土/加里比は2以上）、この値が低いほど灰色かび病に罹りやすくなるとされているので（北海道立中央農業試験場2008）、苦土を多めに施用し改善する必要がある。ハウス栽培について、生育不良の棟でその要因と考えられるのは無機態窒素である。生育不良の棟のアンモニア態窒素が硝酸態窒素と比較してかなり多い。トマトは硝酸態窒素を好む作物で、アンモニア態窒素の比率が高まると生育が不良となる。なお、生育不良の棟のアンモニア態窒素が多い要因については不明である。

ハウス有機ピーマン作についても、生育の良い圃場とやや劣る圃場の土壌分析を行い比較を行った。茨城県の有機ピーマン作農家の例では、圃場が砂質土で、保肥力、保水力がないことから、長年、堆肥等有機物を施用し改善に努めてきた結果、次第に収量が高まってきた。しかし、同じ作型のハウス栽培で土壌条件は同じであるが、棟によってピーマンの生育に相違があるとのことで、土壌診断を行って比較を行った（表Ⅳ-14）。

その結果、生育の劣る圃場は、加里、苦土、石灰の塩基類の含量が低く、リン酸含量も低かった。参考までに、周辺の慣行栽培圃場で同じ砂質土のハウス栽培でピーマン収量の高い圃場の土

壌分析も行った。その分析結果はK氏の生育の良い圃場に近い値であり、塩基飽和度、リン酸含量については有機栽培農家の生育の良い圃場以上に高かった。ピーマンは多肥を好む作物であり、同農家の生育の劣る圃場ではより塩基類を増やすとより収量が向上すると考えられる。

有機栽培では、一般に病害虫に罹るのを抑えるため、肥料の施用量を極力少なくして栽培することが重要と考えている農業者が多い。宮崎県の有機ピーマン作農家の例では、当初、肥料を控えめとし、特に窒素肥料を極端に抑えた結果、ピーマンの樹勢が低下してうどんこ病が多発した。このため、液肥（窒素3%）を撒布して樹勢を回復させうどんこ病の発生を抑制させたという。現在は全体として施肥量を増やし、健全な生育によりうどんこ病の発生も少なくなり、周辺の慣行の促成栽培の平均反収8.5t（主力の夏秋栽培では約5t）を上回る10t/10a以上の生産を上げている。

ピーマンは肥料が不足すると葉色が淡く、葉が大きめで、節間も長くなる徒長的な生育を示しやすと言われる。一般に窒素過剰によって病気に罹りやすくなると言われているが、窒素を減らし過ぎるのも樹勢を弱め、病気に罹りやすくなることもあるので注意する必要がある。

以上のように、有機果菜類作においていくつかの農家で土壌分析してみると、養分バランスの点で改善を必要とする圃場が見られた。こうしたことから、今後、有機果菜類作の圃場においても定期的に土壌の化学性診断を行ってみるのが重要である。

(4) 栄養診断と施肥管理

①現場で活用できる栄養診断手法

果菜類は一般に生育期間が長く、その間栄養生長と生殖生長とが同時進行するタイプの野菜の

表Ⅳ-14 茨城県の有機農家のピーマン圃場の土壌分析例（土壌採取時期は平成25年10月中旬）

区分	pH (H ₂ O)	CEC (meq/100g)	腐植含量 (%)	リン酸吸収係数	全窒素 (%)	有効態リン酸 (%)	交換性カリウム (mg/100g)	交換性苦土 (mg/100g)	交換性石灰 (mg/100g)	塩基飽和度 (%)
ハウス生育良好	6.41	9.34	3.30	656	0.16	159	25.8	54.8	219	119
ハウス生育不良	6.31	8.13	5.01	495	0.20	130	22.8	45.3	173	109

ため、その樹勢管理は難しい。特に、栽培期間中の不適切な施肥管理によって、養分過剰や養分不足など養分バランスが崩れると、外部的な徴候として現れなくても、花芽の分化や着果が不安定になり、生理障害や病虫害を誘発するなどして減収になる。このため、高品質な果実を長期間安定的に収穫し続けるには、土壌診断と合わせて、養分の過不足など作物の栄養状態の的確な判断が必要になる。しかし、栽培期間中の土壌養分や作物体養分を生産現場において簡単に把握する方法が無いため、経験的な判断により、追肥の必要性の有無や追肥量を決定しているのが現状である。

生産現場での栄養診断手法は、①観察による診断、②葉色による診断、③土壌簡易分析による診断に分かれるが、有機栽培の先駆者は観察による高度な診断技術を身に付けており、樹勢や節間、茎の状態、葉色、新葉の展開状態、生理障害の状態などを総合的に見て、樹の状態を判断し対処している。しかし、果菜類の外観からの症状は、栽培時期、品種、病虫害や温度・水分管理の状況によっても異なるため、観察による診断には相当な知識と経験に基づく総合判断力が必要であり、そのノウハウを得るのは容易ではない。

稲作ではかなり以前から、葉色板やグリーンメーターにより葉色の判断を通じて、窒素の栄養状態を知る手法が確立しており、生産現場での技術として活かされている。しかし、野菜においては、著しい養分の過不足は葉色などの外観から判断できるものの、その前の段階の土壌養分の過剰状態または欠乏状態や作物の栄養状態を知ることは困難である。そこで、適切な施肥管理により安定的な生産を図っていくため、栽培期間中において土壌養分や作物体養分を簡単に測定し、すぐにその結果を施肥管理に活かせる診断技術の開発が求められていた。

栄養診断には、何らかの生育障害・生理障害を生じた場合に、その原因を追及する「対策的診断」と、障害を未然に防ぎ生育を良好に保つための「予防的診断」がある。対策的診断につい

ては、例えば栄養成分の過不足や生育障害・生理障害の原因を判断する情報としてほぼ明らかにされている。近年、生育等の障害を未然に防ぎ、生育を良好に保つための予防的な栄養診断技術についても、診断手法・機器の進歩や診断基準の確立などにより、キュウリ、トマト、ナス、イチゴなどで活用されるようになってきた。

その1つが、生産現場でも簡単に計測できる果菜類を対象にした「リアルタイム栄養診断」技術である(六本木2007)。すなわち、植物体の栄養状態をリアルタイムに測定し、これに基づく施肥管理により、肥料の適正な使用と的確な樹勢管理に応用できることから、慣行栽培においては産地ぐるみで利用が進められている例がある(市原2013)。例えば、岐阜県飛騨高山地域一帯は我が国の夏秋トマトの代表的産地であるが、飛騨農林事務所普及部門での指導もあって、トマト作農家の多くが、自らコンパクト硝酸イオンメーターを購入し、トマトの葉柄汁液の硝酸イオン濃度を測定して施肥管理に役立てている。この手法により、ムダな肥料の削減を図りつつ単収向上を図る技術として定着しつつある。

有機栽培においては、地力窒素を発現させつつ、化学肥料に比べ肥効発現が遅れやすい有機質肥料の元肥及び追肥により、樹勢をコントロールしておく必要があり、硝酸イオンメーターによるリアルタイム栄養診断は、慣行栽培以上に有用な手法になる可能性が高い。長い経験による総合的な観察力をつけなくても、適切な養分管理の判断情報が得られるからである。例えば、岐阜県飛騨市のM氏は、新規参入による有機栽培開始後3年目のトマト栽培において、ボカシで元肥を施用(窒素15kg/10a)し、硝酸イオンメーター(使用2年目)で追肥時期を探っていたが、圃場条件の良いハウスでは、その必要がないまま11月初めまで収穫を続け(13段穫り)、基本技術の励行と相俟って地域の慣行栽培の反収(10段穫り、8t程度)を大幅に上回る収量を上げた(写真IV-5、6)。また、飛騨市のN氏は新規就農5年目(有機栽培へ転換後3年目)の2013年から初めて硝



写真Ⅳ-5 生産現場での硝酸イオンの計測

酸イオンメーターを使い、追肥が必要と考えられる5段目の収穫段階から、硝酸イオン3000~4000ppmを基準として有機液肥の追肥量（点滴灌漑パイプ利用）を決めるのに利用し、地域の慣行栽培並みの反収を上げた。

②リアルタイム栄養診断の行い方・利用法

生産現場で活用可能な葉柄汁液のリアルタイム診断は即断的な結果が要求されるため、作物の生育と最も関わりが深い窒素を診断指標として活用している例が多い。窒素診断の指標として作物体の硝酸イオンを取り上げる理由は以下の通りである（六本木2007）。

- i. 畑地での土壌中の無機態窒素は施肥直後を除いて多くが硝酸態窒素である。
- ii. 野菜は好硝酸性であり、硝酸イオンの形で窒素を吸収することが多い。
- iii. 作物体内中の硝酸イオンは窒素過剰になると多量に蓄積するが、窒素不足になるとほとんど検出されず、作物の栄養条件によって大きく変動するため、診断の指標になりやすい。

硝酸イオン濃度は非常に小型な硝酸イオンメーターで簡単に測定でき、試料調整が簡単であるため、栽培現場での測定が手軽にできる。

計測を適切に行い活用するには、まず作物体の採取部位を決めておく必要がある。現在までの研究で、樹の栄養状態を最も安定的に計測できる採取部位が特定されてきている。まず作物体の採取場所であるが、汁液は葉柄の方が多くて採取し易く、また硝酸イオンは葉身より葉柄の方に多いことから、葉柄を0.5~1cm前後に細断し、ニンニク



写真Ⅳ-6 管理の行き届いたハウス内（9月上旬）
（岐阜県飛騨市のM氏のハウス）

搾り器などで圧搾して樹液を採取する。また、葉柄の汁液を採取する部位は、葉柄の着生部位によって汁液中の硝酸イオンが異なるため、正確な診断を行うには、予め葉柄の採取部位を決めておく必要がある。トマトで言えば、成熟果の2段ほど上のピンポン玉程度に肥大した果房直下の葉の中央部にある小葉の葉柄とする（図Ⅳ-18）。

硝酸イオン濃度は、作物、作型、生育時期によっても異なるので、地域によって目安となる診断基準が示されている（表Ⅳ-15）。現在のところ有機栽培向けの診断基準値があるわけではないが、むしろ有機栽培農家の知見と観察力に照らして、独自の栽培条件に適合した診断基準値を設定して利用していくことが望まれる。

果菜類の有機栽培においては、果実を長期間にわたって収穫していくことが多いので、ボカシによる追肥を行うことが多い。速効性の高い有機液肥を利用したいとしている有機栽培農家は多いが、高価のため利用できないからである。この場合、有機質肥料は肥効の発現が遅れやすいため、早めの追肥を行う例が多い。土壌養分や作物体養分の客観的な指標が葉柄汁液のリアルタイム診断



図Ⅳ-18
葉柄の測定部位
（六本木2008）

表Ⅳ-15 葉柄汁液の硝酸イオン濃度を用いた窒素の栄養診断基準例
(埼玉園試ほか) (山崎 2001)

作物	作型	生育時期	診断基準 (ppm)	採取部位
キュウリ	半促成	収穫初期 (4月上旬) 収穫中期 (5月上旬) 収穫後期 (6月以降)	3500~5000 900~1800 500~1500	14~15節本葉または側枝 第1葉の葉柄
	抑制	収穫全期間 (9月下旬~ 11月下旬)	3500~5000	
トマト	促成	収穫初期 (1~2月下旬) 収穫中期 (3~4月下旬) 収穫後期 (5~6月下旬)	4000~5000 1800~3600 500~1500	ピンポン玉程度に肥大し た果実周辺の葉の葉柄
	半促成	収穫全期間 (12月中旬~ 2月上旬)	1500~3000	
イチゴ	促成	収穫初期 (~1月上旬) 収穫中期 (~2月下旬) 収穫後期 (~4月下旬)	1700~2600 1300~2200 900~1800	最新の展開葉から数えた 第3葉目の葉柄
ナス	夏秋	7月上旬~8月上旬 8月中旬~9月上旬	3500~5000 2500~3500	最新の展開葉から数えた 第3葉目の葉柄
	露地	収穫初期 (7月上旬) 収穫中期 (8月上旬~)	3500~5000 2200~3600	

によって分かれば (あるいはこのイオン濃度の値と観察による診断が関連づけられれば)、追肥時期や追肥資材、追肥量の判断をより適切に行うことが可能になる。慣行栽培の例ではあるが、岐阜県恵那地域のトマト産地を対象とした指導例によれば (市原 2013)、地域の反収上位者 (12t以上) では、8月中旬の摘芯 (芯止め) までの期間の硝酸イオン濃度が 3000~5000 ppm の範囲で安定し、それ以降は 300~2000 ppm まで低くなるという一定の傾向を示したという。これを基にした対応策として、基準上限値 5000 ppm を超えた場合には追肥をせず灌水のみを行い、基準下限値 3000 ppm を切った時は、その数値に基づき追肥開始時期を早める、追肥の間隔を短くする、1回当たり追肥量を多くする、摘果を行うなどの対応をとったとしている。また、生育初期の硝酸イオン濃度が高い生産者は、生育期後半に灰色かび病が多い傾向があることや、反収が低い場合には生育初期に濃度が高かったり、最終摘芯後も濃度が高いこと、化学肥料の場合であるが、追肥後 2 日目から硝酸イオン濃度が上がり始め、5 日目にはピークをむかえ (4000 ppm)、10 日目には元に戻った (3000

ppm) など、いろいろなことが分かったという。

これらのことを踏まえ、有機栽培における硝酸イオンのリアルタイム診断利用の可能性を探るため、和歌山県 Y 氏 (3 調査区) 及び熊本県 H 氏 (4 調査区) の協力を得て、トマトの有機栽培を対象とした簡単な実証調査を行った。通常の栽培とは異なる栽培例を含むこと、分析点数が限られていること、灌漑水量との関連づけが行えなかったこと、天候条件や測定時間帯のずれがあったことなどから、一定の見解を得ることは難しいが、全体としてみると、収穫 (生育) 初期の方が硝酸イオン濃度が高いこと、生育の良い状態の方が硝酸イオン濃度が高いこと、根部に障害のある場合 (塩類濃度障害や土壤病害) には窒素の吸収が阻害されるためか硝酸イオン濃度が低いこと、硝酸イオン濃度が 1000 ppm 台に落ちていてもボカシの追肥により一定時間がたてば 4000 ppm 台に上がることが確認できた。なお、和歌山県の Y 氏の有機トマト作は、元肥の全層施用と深さ 50cm 程の深溝施用により、3 つの作型とも原則として無追肥で 1 年以上に及ぶ収穫を持続させる特異な栽培方式のため、直接の参考にはならないが、適切な灌水管理もあつ

てか、定植（24年8月上旬）後17カ月目（26年1月上旬）の硝酸イオン値が4200ppm、同18カ月目（26年3月中旬）が同3000ppmを維持していた（収穫終了に近づいた頃は1100ppmまで低下した）。

（5）ボカシ肥料の利用

①ボカシ利用の考え方

有機栽培では、元肥においても、また追肥においても、ボカシ肥料が多くの場面で良く使われる。ボカシは「発酵有機質肥料」のことであるが、本指導書においては一般的に用いられる呼称に従い「ボカシ」と記述する。ボカシは、有機JAS規格「別表1」では、堆肥化資材の中で「ボカシ肥料」として位置づけられており、「有機質肥料や山土などを混ぜて堆積し微生物発酵させたもの」である。

ボカシは有機性肥料や食品、産業、生ゴミ由来の分解しやすい有機質資源を事前に発酵させて、いわゆる“ボカシ”を作り、施用することで、土壤中でゆっくり分解させることができる。

有機物を生のままではなく、発酵させて用いることによって、土と微生物と有機物の共同作業によって、農作物への栄養供給を効果的にし、土壌の微生物性を豊かにできる。また、肥料による農作物への濃度障害の回避、肥効の持続性の向上、悪臭の防止など数々の効果が挙げられる。また、原料としてC/N比がやや高い有機物が多ければ早期に分解が進み、硝酸態窒素や易分解性窒素化合物が早期に放出されるため、生のままの有機物を用いる場合に比べ多くのメリットを持っている。

ボカシは作り方によって好気性発酵有機質肥料と嫌気性発酵有機質肥料に分かれるが、製法だけでなく原材料の種類や発酵促進資材の添加など農家個々によって製造に当たっていろいろな工夫が行われている。また、①施用の狙いが微生物性向上など土づくり主体か、養分供給主体か、②利用の仕方が元肥としての利用か、追肥としての利用か、両方に利用するか、③施用場所は深層施用、畝内施用、表層施用のどれか、④長期

間にわたる効果発現の持続か、液肥として速効的な効果を狙うか、等々利用の狙いによって多くの使い方が工夫されている。

一次発酵させたボカシは比較的速効性があるので、その材料にもよるが、追肥のタイミングは一般的には地温が15℃を超えているようであれば、肥効を発現させたいとする時期より1週間前を目安にして施用する。施用量は窒素成分換算で3kg/10a程度とし、1度に多くは施さず効き具合を確認しながら分施する。ボカシは施用後、さらに土壤微生物による分解を受けて窒素の無機化が進む。無機化した窒素は水と共に土壤に浸透して根域に達し、根に吸収利用されるので、追肥後は灌水を行い、肥効分を土壤に十分浸透させる必要がある。液肥の場合は灌水と同時に施用する。

②ボカシ肥料の作り方・使い方

自家製ボカシの最も単純な作り方は、ナタネ粕に水を加えて発酵させる方法、ナタネ粕に米糠や魚粉を混ぜて微生物資材で発酵させる方法、米糠に燐炭や魚粉、オカラ、土を混ぜて発酵させる方法など、様々な工夫がされている。

基本は水分を過剰にさせない（好気・切返し条件で50%、嫌気条件で30～40%が目安）ことと、60℃以上の高温にしないことである。ボカシの製造は外気温の影響を受けやすいが、高温期では10～14日、低温期では20～30日程度を要する。

特別栽培の例ではあるが、ボカシ肥料を主体とした利用例を示す。山崎（1998）は、キュウリの無加温ハウス栽培において使用されるボカシ肥料（埼玉産直センター）の材料と成分量を調査している（表Ⅳ－16）。ボカシ肥料としての10a当たり成分投入量は、窒素25.3kg、リン酸31.64kg、カリ9.8kgである。さらに稲わら堆肥を10a当たり3t投入しているので、16.4kgのカリ供給が期待される。窒素、リン酸、カリの肥料利用効率をそれぞれ80%、50%、100%と考えると、肥料養分供給量は、窒素20.2kg、リン酸15.8kg、カリ26.2kgと推定される。この場合6t/10aのキュウリ収穫量（抑制無加温栽培：秀品率80%）を得るために必要な成分量は窒素10.7kg、リン酸6.7kg、カリ23.9kg

表Ⅳ－16 ポカシ肥料を取り入れたキュウリ無加温ハウス栽培の施肥事例(埼玉県)

有機質肥料 (材料)	現物投入量 (kg/10a)	成分量 (kg/10a)		
		窒素	リン酸	カリ
ボカシ肥料	105			
(油粕)	50	6.10	2.34	1.88
(魚粉)	400	3.97	3.07	0.26
(鶏糞)	45	12.80	14.80	7.20
(骨粉)	30	1.84	10.26	
(米糠)	3000	0.60	1.17	0.45
稲わら堆肥				16.4
小計	3630	25.31	31.64	26.2
推定供給量		20.2	15.8	26.2
必要成分量		10.7	6.7	23.9

(山崎1998) から作成

であり、ボカシ肥料と稲わら堆肥だけでキュウリ栽培に必要な養分を供給することができる。しかしながら、実際には堆肥を多量に施用する 경우가多く、養分の過剰蓄積や養分の偏りに注意が必要と報告している。

(6) 有機液肥の使い方

一般に有機質肥料には速効性のある肥料は少ないが、有機栽培の実施者には速効性のある有機液肥を活用したいという希望は多い。しかし、価格が高価なために敬遠している農家が多い。そこで、ボカシ液肥を自家で製造し、灌注または灌水チューブを使って応急的あるいは低濃度の窒素分の液肥を有効に使う方法もある。

ボカシ液肥を作るには、ボカシを10倍程度の水に一晩～1日程度浸しておき、濾したり上澄みだけを使うなど、固形物を除いて使用する。使用濃度は3～10倍程度で、作物に直接かからないようにする。

ボカシがない場合の方法として、ペットボトル等に油粕を入れ、10倍量の水を加え、自然発酵で有機液肥を製造する方法もある。この方法は、途中で発酵ガスを抜きながら、製造に約1カ月かかるが、器材を要しない簡易な方法として注目される。上澄液を5倍に薄めて使うが、臭いが強いとのことである。

なお、岡山県農林水産総合センターでは「ナタネ粕を使った有機液肥の作成マニュアル」を

HPで公開している(図Ⅳ－19、表Ⅳ－17)。
(http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/45769_209116_misc.pdf)



図Ⅳ－19 ボカシと液肥の作り方
(岡山県農林水産総合センター 2009)

表IV-17 有機液肥の分析値 (%)
(ナタネ粕を使った有機液肥の分析例)

窒素	リン酸	カリ	石灰	苦土
0.30	0.02	0.10	0.00	0.00

(岡山県農林水産総合センター 2009)

施設栽培ではきめ細かい樹勢管理を行うために、追肥として液肥を利用する場合もある。液肥は灌水と共に施用することになるので、ポリマルチの場合は予め灌水チューブを敷設しておく。キュウリの例では、1回当たり施用量は窒素成分で0.5～1kg/10a程度にして、定植後30日頃から7～10日おきに施用する。液肥であっても、根系が深い作物の場合には十分に染みこむように、灌水量を加減する。

市販されている有機液肥は商品により肥料成分が随分異なるので、土壌分析結果や樹体診断の結果とも関連させた利用を心がける。また、現実的には有機JAS規格に当てはまる商品のごく限られているので、有機JAS規格に則った生産を行う場合には、有機JAS認証機関や製造メーカーに確認して利用する必要がある。

引用文献

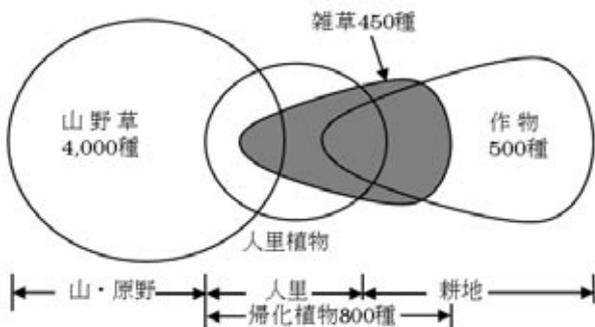
- 1) Bailey KL, Lazarovits G (2003)、「Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments」『Soil and Tillage Research』72 : 169-180
- 2) Fatima T, Teasdale JR, Bunce J, Mattoo AK (2012)「Tomato response to legume cover crop and nitrogen: differing enhancement patterns of fruit yield, photosynthesis and gene expression」『Functional Plant Biology』39 (3) : 246-254
- 3) 青木宏史 (1997)、『農業技術大系野菜編 第2巻 トマト (基礎編—本圃での生育と栽培—生育診断と草勢管理) 基』「トマトの生育と生育診断」農文協、391-392
- 4) (一財)日本土壌協会 (2012)、『土壌診断と作物生育改善』(土壌医検定参考書2級対応)、83-92
- 5) (一財)日本土壌協会 (2013)、「生理障害、土壌病害虫、コスト低減等対策」『土壌診断と対策』(土壌医検定1級対応)、20-25
- 6) 市原知幸 (2013)、「とれるトマトの追肥法が見えた」『現代農業』2013. 1号、農文協、186-191
- 7) 小野忠 (2001)、「環境保全型施肥ピーマン」、『農業技術大系 追録第12号第6-①巻』、技術152の2-152の8、農文協
- 8) 神奈川県 (2012)、「作物別施肥基準 8有機質資材の適用」78-87
- 9) 郡司掛則昭 (1999)、「有機質肥料の特性と利用の基礎」、『農業技術大系追録第10号第7-①巻』、肥料256の2-256の8、農文協
- 10) 斎藤隆 (1973)、「II 栄養生長の生理、生態」『農業技術大系野菜編第2巻トマト (基礎編—生育のステージと生理、生態—) 基』、農文協、29-31
- 11) 沢口正利 (1986)、「客土」『農業技術大系土壌施肥編 第5-1巻畑の土壌管理 (土壌改良の実際—土層改良)』畑、農文協、252-256
- 12) 時枝茂行 (2001)、「不耕起・平うねでの連続栽培」『農業技術大系野菜編第2巻トマト (基礎編—作型・栽培システムと栽培の要点) 基』農文協、634の2-634の12
- 13) 成澤才彦 (2011)、『エンドファイトの働きと使い方』農文協
- 14) 農林水産省 (2008)、「地力増進基本指針」
- 15) 北海道農業研究成果情報 (2008)、「トマトのカリ収支に基づくカリ施肥基準の改定」
- 16) 松口龍彦 (1986)、「土壌の生物性と土壌病害」『農業技術大系土壌施肥編第5-1巻畑の土壌管理 (連作障害、土壌病害と土壌管理)』畑、農文協、65-76
- 17) 宮崎崇史・上野秀人・辰巳悠・柴田朋美・荒木肇 (2011)、「マメ科緑肥施用したハウストマトの生育収量及び養分動態」『日本作物学会四国支部会報』48、農文協、68-69
- 18) 山崎晴民 (1998)、「有機質肥料 (ボカシ肥など) 中心の施肥法」『農業技術大系野菜編 第1巻 キュウリ (基礎編—本圃—施肥)』基、農文協、371-375
- 19) 山崎浩道 (2001)、『新編 野菜園芸ハンドブック』養賢堂、217
- 20) 六本木和夫 (2007)、『野菜・花・果樹リアルタイム診断と施肥管理—栄養・土壌・品質診断の方法と施肥・有機物利用—』農文協
- 21) 六本木和夫 (2008)、「トマトのリアルタイム栄養診断」『タキイ最前線』秋号、44-46

V. 雑草防除対策

1. 基本的な考え方

雑草については多くの研究者が種々の定義を行っている。日本の雑草学の草分け的存在である半澤洵は1910年に、「雑草とは人類の使用する土地に発生して人類に直接あるいは間接的に損害を与える得るところの植物をいう。…完全に土地を使用して有利の業を営まんとするに当たりその目的を阻害するが故に芟除（せんじょ）する必要ある植物は全てこれを雑草という…」と定義しており、農業者の視点とも合致している。また伊藤（1993）は、作物栽培とは異なり、人間が積極的に保護をする必要がない「雑草性」を持った植物群が、人間の活動を何らかの形で妨害するとき、その植物が雑草と呼ばれるとしており、雑草性を有する植物が、時と場合により雑草になると捉えられる。有機農業においては、いわゆる雑草を味方にして病虫害防除を行ったり、土壌肥沃度を高める技術もあるため、「雑草」は意味深長な言葉であると考えべきであろう。

笠原（1971）は、草本植物を山野草（自然的破壊によって開かれた土地に生える植物）、人里植物（人間によって破壊された土地に生える植物）、雑草（たびたび耕される土地に生える植物）、作物に区分し、それらの関係と種類数を図V-1のように示している。このように雑草は、山林から人里、耕作地まで広く広がっており、雑草種はこ



図V-1 日本での山野草・人里植物・帰化植物及び作物の生育地と種類数（笠原1971）

れらの環境に適応するように選抜され、変遷、多様化している。さらに外来植物も増加してきている。

雑草は一般に、光、養分、水分を作物と競合して、作物生育を抑制し、収量を低下させたり、病虫害を媒介させたり、農作業の妨げになるため、慣行栽培においては除草剤を散布して徹底的に防除することがほとんどである。しかしながら有機農業では薬剤を使用できないため、雑草の生態をよく理解して、経済的損失が出ない範囲で、省力化を図りながら雑草管理を行うことが必要である。高度な管理技術を習得し、雑草を逆に利用することができれば、生態系を充実させ、土壌保全や天敵保護も可能になる。

有機農業における雑草に対する基本的な対策・管理方針は次の通りである。

- ・雑草の埋土種子数をできるだけ減らすようにする。
- ・雑草の生活環を理解して適切な時期に適切な方法で防除する。
- ・1年生雑草は耕起や灌水により一斉に発芽させて、初期段階で除草を行う。
- ・雑草の増殖形態を理解して適切な方法で防除する。
- ・外部から雑草種子を侵入させたり、持ち込まないようにする。
- ・雑草の種類を知り、密度が低く、害草でない場合は許容して省力化を図る。
- ・加温タイプの施設栽培では、施設害虫の発生源となるので、除草を行う。

2. 雑草の生態

1) 繁殖、種子生産

雑草は生活環から1年生雑草と多年生雑草に大きく分かれる。1年生雑草は種子が発芽してから枯れるまでの期間が基本的に1年以内であるが、越年して2年越しになるものも含まれる。多年生雑草は2年以上生息するものである。多年生雑草は、

栄養繁殖体として、塊茎（かいけい）、鱗茎（りんけい）、球茎、根茎、横走根、匍匐茎（ほふくけい）、珠芽（しゅが、むかご）を形成する。多年生雑草の除草は、1年生雑草に比べて難しい。根系、横走根、匍匐茎を生産する雑草は、耕起によって切断されると、断片から再生して増殖を促すことがあるので、多年生雑草に対しては丁寧に根絶させることが重要である。多年生雑草には種子繁殖と栄養繁殖の両方を行うものもある。

雑草は一般に、成長速度が速く、しかも種子を短期間に多く生産する。1個体当たりの種子生産数は、ツユクサ1,100、コノコログサ11,000、カヤツリグサ111,400と非常に多い(伊藤1993)。従って、1個体でも種子を生産すると、多量の種子が圃場に散布されることになるので、開花期までに対策を行うことが必要である。

主要な畑地雑草の埼玉県における発生活長を表V-1に示した。各地域において発生時期が異なるが、開花時期を把握して、早めに除草対策を行うことが重要である。

2) 休眠と発芽

雑草の種子の多くは土壤中で休眠しており、環境条件が整うと一斉に発芽するが、一部はそのまま休眠して次の機会を待つことにより、絶滅のリス

クを下げるメカニズムを持っている。成熟した種子は一定期間、発芽の体制を整えたり、発芽抑制因子が除去されるまで一次休眠をする。一次休眠の後は、温度、水、光、ガスなどの発芽条件が整うまで休眠を行い、好適条件になると発芽する。しかし、条件が整わないときには二次休眠に入る。このように雑草種子は休眠により種子の死滅を免れている。また種子の寿命は長く、シロザ、タニソバ、ツユクサ、カヤツリグサは4、5年経っても大半が生存していると言われる。一般に、高温、多湿及び極端な乾燥は種子の死亡を早める。

雑草は温度変化、光、ガス（酸素、二酸化炭素、エチレンなど）、硝酸イオンに刺激を受けて覚醒し、発芽する。従って雑草は、耕起や施肥がきっかけとなって発芽を始めることが多く、そのほとんどは上層土壌5cm程度にまで埋没した種子である。

3) 伝播

雑草は繁殖において散布器官型と地下器官型に分かれ、散布器官型は、風や水に運ばれたり、人や動物に付着して散布されたり、自動的にはじいて遠くへ散布するものなどがあり、繁殖面積が早期に拡大しやすい。中耕機や刈取機に付着した種子にも注意する必要がある。一方、地下器官型の面積拡大速度は高くないが、着実に広がりや

表V-1 主要畑地雑草の畑における発生活長

雑草名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	生活型
メヒシバ				○			x			x			—
スズメノカタビラ		x						x					—
スズメノテッポウ			x			x					○		越
カラスムギ				x		x					○		越
カヤツリグサ				○			x		x			x	—
スベリヒユ			○	○		x				x			—
イヌビユ			○	○		x				x			—
ハコベ			○	x							x		—
ツユクサ			○			x				x			—
イヌタデ			○	○		x				x			—
アカザ・シロザ				○	○			x		x			—
ノミノフスマ		x				x					○		越
ナズナ		x				x					○	○	越
オオアレチノギク								x		x	○		越
タネツクバナ			x		x						○		越
ヒメジョオ						x			x	○	○		越
ハルジオン			x		x					○	○		越・多
ヨモギ			○					x		x			多
オオバコ				x			x						多

注1)生活型 —:一年草, 越:越年草, 多:多年草

注2) —:生育期間:地上部枯死期間 ○:発芽期間 x:開花期 ●:常時発芽

(埼玉県農林部 2000)

すい。

3. 代表的な雑草

我が国における代表的な畑雑草を写真V-1に示した。作物生育に悪影響を与える害草種数は、イネ科>キク科>カヤツリグサ科の順であり、これ

ら3科の雑草は注意する必要がある。ワルナスビ及びイヌホオズキを放置すると、ニジュウヤホシテントウやオオニジュウヤホシテントウ（俗称テントウムシダマシ）の宿主となり、これを越冬させて、ナス科やウリ科等の作物を食害するので、果菜類栽培においては要注意雑草である。

写真V-1 代表的な畑地雑草

メヒシバ(1年生、イネ科)	オヒシバ(1年生、イネ科)	エノコログサ(1年生、イネ科)	スズメノテッポウ(1年生、イネ科)
チガヤ(多年生、イネ科)	カヤツリグサ (1年生、カヤツリグサ科)	ツユクサ(1年生、広葉雑草)	イヌタデ(1年生、広葉雑草)
オオイヌタデ(1年生、広葉雑草)	エノキグサ(1年生、広葉雑草)	ナズナ(1年生、広葉雑草)	イヌビユ(1年生、広葉雑草)
ヒメジョオン(1年生、広葉雑草)	タニソバ(1年生、広葉雑草)	ナギナタコウジュ (1年生、広葉雑草)	スカシタゴボウ (1年生、広葉雑草)
ハコベ(1年生、広葉雑草)	オオイヌフグリ(1年生、広葉雑草)	ツメクサ(1年生、広葉雑草)	シロザ(1年生、広葉雑草)

スベリヒユ(1年生、広葉雑草)	ザクロソウ(1年生、広葉雑草)	ウリクサ(1年生、広葉雑草)	ホトケノザ(1年生、広葉雑草)
コニシキソウ(1年生、広葉雑草)	ハハコグサ(1年生、広葉雑草)	ヒメムカシヨモギ(1年生、広葉雑草)	イヌホオズキ(一年生、広葉雑草)
スギナ(多年生、広葉雑草)	ハルジオン(多年生、広葉雑草)	ギンギン(多年生、広葉雑草)	オオバコ(多年生、広葉雑草)
ヨモギ(多年生、広葉雑草)	タンポポ類(多年生、広葉雑草)	スイバ(多年生、広葉雑草)	ジシバリ類(多年生、広葉雑草)
コヒルガオ(多年生、広葉雑草)	ムラサキカタバミ(多年生、広葉雑草)	チドメグサ(多年生、広葉雑草)	ヤブガラシ(多年生、広葉雑草)
ワラビ(多年生、広葉雑草)	ワルナスビ(多年生、広葉雑草)	ヒルガオ(多年生、広葉雑草)	カタバミ(多年生、広葉雑草)

写真撮影: 青木繁伸氏(群馬県前橋市)

<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BotanicalGarden/BotanicalGarden-F.html>

4. 雑草防除の方法

果菜類は、集約的な栽培が行われるため、深刻な雑草害が生じて経済的に大きな損害を生じることが少ないが、雑草は繁殖しやすいので、長期的視野に立って確実に防除することが必要である。有機農業における雑草防除法を表V-2に示した。これらは果菜類に限ったものではなく汎用的な情報である。

これらの除草法は、単独で行うよりも、組み合わせで行うことで効果を高めることができる。効果が高いものについて、以下に解説する。

1) マルチング

(1) 技術概要

マルチングは、土壌表面をプラスチックフィルムや敷きわらなどの有機物で被覆することにより、雑草の成長をほぼ完全に抑制するものであるが、地温制御や地力保全の面からも大変有用な技術と

言える。現在は、プラスチックマルチの使用が主流となっているが、敷きわらは古くから行われてきた農業技術である。自然界においても落枝落葉が土壌表面に堆積することで土壌はマルチングされており、雑草が抑制されるとともに、ミミズやトビムシ、ダンゴムシ、土壌微生物などの土壌生物が活発に活動できる環境が創出されるので、土壌生成や地力増進に重要な要素となっている。

①特長

- ・土壌物理性（緻密度、通気性、保水性、透水性）を保持できる。
- ・土壌浸食を防止できる。
- ・土壌養分の溶脱や流出を抑制できる。
- ・土壌水分の変動を緩和し、過度の乾燥や湿潤を防ぐことができる。
- ・土壌水分の過度な上昇を抑えることにより、灰色かび病、斑点細菌病などの病害発生を抑制できる。
- ・紫外線を反射する特定のフィルムを使うことによ

表V-2 農薬を使用しない除草法の概要

分類	除草法	特徴や概要
耕種的方法	圃場の選択	雑草害の履歴がある圃場を避ける。
	作物の選択	過去の雑草発生状況をもとに最も競争力の高い作物種を選ぶ。
	輪作	作物と畝立てをしない作物(アルファルファ)など、植物学的に異なる作物を栽培する。
	適地適作	栽培地に適した作物種や品種を選択する。
	畝間や栽植密度の最適化	畝間や栽植密度を調整して、作物が早く生い茂るようにする。
	適期作付	作物が発芽、生育しやすい好適な地温条件の時に栽培する。
	好適な肥培・病虫害管理	作物を元気に健康的に育てて、雑草に対して競争力を与える。
	カバークロップ	作物生育に影響を与えない草種を優先させることで雑草を抑制する
	アレロパシー	雑草の発芽や生育を抑制する化学物質を生産する草種を混作したりマルチングする。
機械的方法	撥土板プラウ	1年生雑草を除草できる。下層土壌と上層土壌を反転させて雑草を埋没させる。
	ロータリーホー	フレームに小型ロータリーを数個取り付けられたものであり、小型種子の雑草を抑制するのに効果的である。
	カルチベーター	中耕と畝間除草を目的として、雑草発生初期に耕起と培土により雑草を防除する。
	草刈り・刈り払い	雑草が種子を生産しないように、雑草が開花したらすぐに雑草を刈り取る。
	ウィーダー	雑草生育初期の全面除草に使用する。パネ歯かんを土中に入れて雑草を引き抜く。
	人力・手刈り	鋏、ホー、鎌などを用いる。
物理的方法	マルチング	有機物マルチを用いる。広い面積にはマルチフィルムを用いる。
	太陽熱処理	土壌に水分を与え透明マルチで覆い、太陽熱で表層土壌の温度を上げることにより種子を死滅させる。
	火炎式除草機	火炎放射器で雑草地上部や雑草種子を焼死させる。
生物的方法	雑草病原菌	雑草だけにダメージを与える微生物を使う。

ILLINOIS AGRICULTURAL PEST MANAGEMENT HANDBOOK (2000) を元に作成した。

り、モモアカアブラムシ等に対して忌避効果がある。

- ・降雨や灌水時における土壌の跳ね返りがないため、べと病やつる枯病などの病害を抑制したり、作物の汚損を防止することができる。

②注意点

- ・効果を確実にするためには、土壌水分に注意しながら精度の高い砕土、整地や畝立てを行い、フィルムを土壌に密着させる必要がある。
- ・除草のほかに地温制御効果やアブラムシ忌避をねらうために多様な種類のフィルムが開発されており、作目・作型、気候や土壌、病害虫の環境条件、コストに照らし合わせて、総合的に最も効果的な資材を選ぶ必要がある。
- ・植え穴が大きいと地温制御効果が低減するので、作物に適合した植え穴サイズにする。
- ・資材により伸張性や強度が異なるので、敷設時には張力に注意し、破断しないようにする必要がある。

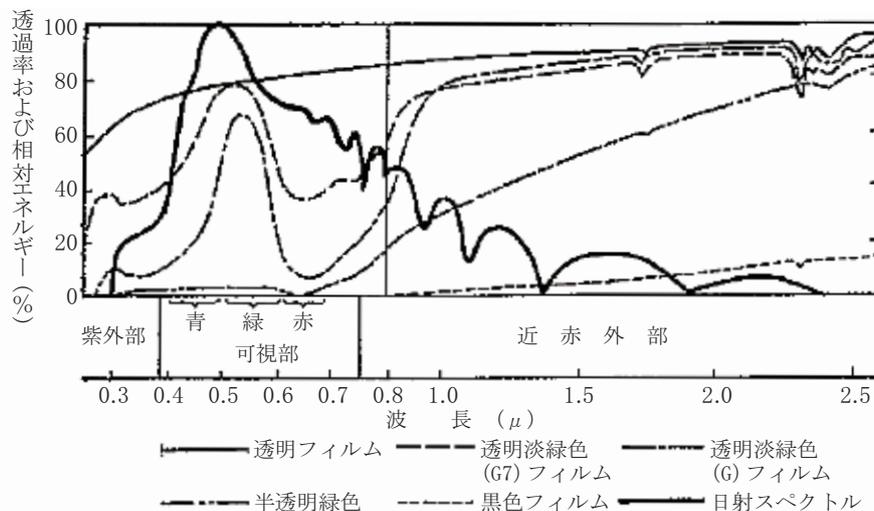
(2) 技術のメカニズムと特性

マルチングの除草メカニズムは、主に遮光による光合成阻害と物理的な伸張阻害である。植物生育にはクロロフィルの吸波長域である400～500nmの青色光と600～700nmの赤色光が必要であり、青色光は花芽分化と開花に、赤色光は栄養成

長に重要であることが明らかになっている。さらに500～600nmの緑色光は、植物生育を抑制することが分かっている。このため、黒色、銀色、白黒ダブル、紙マルチなどは、これらの吸収波長域全てを減少させることにより、雑草種子が発芽しても光合成が阻害されるために生育できず枯死することになる。緑色フィルム（透明濃緑色、半透明緑色）は、緑色光を通過させて雑草生育抑制をはかるとともに、赤色光を通過させて地温上昇を行うことができる。透明マルチについては、遮光効果がわずかであり、物理的伸張阻害のみであるため、除草効果は低い。

敷きわらなどの有機物マルチは、遮光による光合成阻害が主なメカニズムであるが、有機物の種類によってはアレロパシー物質が放出されることにより、化学的に雑草の生育阻害を生じさせているものがある。

地温を上昇させるメカニズムとして、水分蒸発の抑制、フィルム温度の上昇が挙げられる。無マルチでは土壌表面から水分が水蒸気となって蒸発する時に気化熱が奪われている。しかし、フィルムで被覆すると水分蒸発が大きく抑制される。水分が1mlの水分の蒸発を抑えると580kcalが顕熱として水分に蓄えられることになり、地温が高められる。敷きわら等の有機物マルチや紙マルチは、水分蒸発が生じやすいので、地温上昇は生じにくい。



図V-2 種々のマルチ用ポリエチレンフィルムの分光透過曲線と日射スペクトル（稲田1971、川城1989）
フィルムの厚さは全て0.02mm、波長1μは1000nmである。

また黒マルチはフィルム自体が高温になることから表面土壌を直接加温することになる。

マルチングにより土壌表面が被覆、保護されるために、降雨や灌水における雨滴が土壌団粒や構造を破壊し、粘土などの微粒子成分を下層土壌へ溶脱させることがほとんどない。このため、土壌の物理性はマルチフィルム敷設時の状態を維持しやすい。表V-3は、マルチングが土壌物理性に与える効果を示したものである。マルチ区は無マルチ区に比べて気相率が高く、固相率が低いことから、マルチ区は、耕起によって土壌が膨軟になった状態を維持していると考えられる。このように気相率が増加することで通気性が高まると共に、作土深の増加や作物の根系発達の面でも良い効果を与えることができる。

表V-3 マルチ土壌の物理性

土壌特性	マルチ区	無マルチ区
気相(%)	43.4	39.3
液相(%)	17.9	17.2
固相(%)	38.7	43.5
土壌表面の硬度(kg/cm ³)	0.005	0.73

嶋田ら(1972)、川城(1989)

表V-4 マルチ資材の種類と特性 (川城(1989)から抜粋、改変)

作期	主な効果	種類	特性
低温期	地温上昇	透明ポリエチレン	地温上昇効果(透明>紫色>緑色>黒>シルバーポリ>白黒ダブル)。生育促進効果最も高い
	雑草防止 地温上昇	黒色ポリエチレン	可視光線を透さないことで雑草を完全に防除できる
		紫色ポリエチレン 緑色ポリエチレン	光合成に必要な可視光線の透過率を低下させ、雑草の生育を抑制する
	地温上昇 アブラムシ類、 コナジラミ類、ウ リハムシ類忌避	シルバーストライプ フィルム	透明、黒ポリに銀色の条線を一定間隔に印刷したフィルムで、地温上昇と有翅アブラムシ類に忌避効果あり
KOマルチ		透明、緑、黒色フィルムに少量のアルミ粉末を添加して、反射光によるアブラムシ類忌避と地温上昇効果をねらったもの	
高温期	地温上昇 アブラムシ類、 コナジラミ類、ウ リハムシ類忌避	アルミ粉末利用フィルム	アルミの薄層をポリフィルムでサンドイッチ状にしたもの、またはアルミ粉を混合したもの。断熱、遮光、反射、有翅アブラムシ忌避効果あり。銀黒よりやや安価
		アルミ蒸着フィルム	アルミをポリフィルムに真空蒸着法により接着したもの。光反射効果大。高価。果樹園にも使われる。アブラムシ類等に忌避効果あり
		銀黒ダブルマルチ 白黒ダブルマルチ	表面銀色、裏面黒色の二重構造で破れにくい。地温上昇抑制効果はアルミ粉末並み。白黒よりアブラムシ類等に忌避効果あり 表面乳白色。裏面黒色の二重構造。地温上昇抑制は銀黒以上。銀黒よりやや安価。アブラムシ類への忌避効果は小麦、稲、刈草などを用いる。地温低下効果が最も高い
	地温低下	敷きわら	
低温期 (特例資材)	条散播可能 省力	メデルシート	フィルム中央部に一定の幅で細かい切れ目を帯状につけ、種子をまいた後、フィルムから出芽するようにしたもの
	廃棄省力 地温低下	紙(再生紙)マルチ	廃棄段ボールなどをリサイクル利用して製造される。炭などで黒色にしたタイプは地温低下が少ない。
	耐久性強化	耐候性フィルム	フィルム製造時に紫外線吸収剤を混合したもの、あるいはLDPEにLLDPEをより多く配合したものなど。在来のポリに比べ数倍の耐久性を持つ
	気温・地温上昇	水封マルチ	チューブ上折径フィルムに水を封入したもの。ハウス、トンネル栽培で利用される

(3) 具体的な方法

①マルチング資材

有機JAS規格においてプラスチックマルチは、土壌から取り除けることを条件に使用可能とされている。生分解性マルチも土壌から取り除けることを条件に使用可能であるが、光崩壊性の生分解性マルチは使用できないので注意が必要である。表V-4に作期や主効果ごとに分類したマルチ資材とその特性を示した。作目、作型、雑草密度、コストなどを考慮して適切な資材を選ぶ必要がある。

②マルチシート敷設の留意点

- 基本的にフィルムシートが土壌面に密着するほど、雑草抑制効果が高まる。
- 畝立てや整地をていねいに行う。但し、土壌を乾燥させて細かく砕土を行うと、団粒が破壊され、土壌生物が死滅するので、耕起強度は低い方が良い。
- 畝立てをしたらずちにマルチを敷く。
- 植え穴が小さい程、地温が高く維持されるので、地温上昇効果も必要な場合は植え穴を小さくす

る。

- ・ 土壤養分の溶脱（水の下方移動に伴う養分の流失）が減少するので、施肥量を減らすことができる。

③その他

栽培の中・後期になり、作物が十分生育した時点で、地温が高くなりすぎるのを防ぐには、マルチフィルム中央部をハサミで切り、作物を傷めないように注意しながら畝間側からフィルムを引いて除去した方がよい。その後、雑草が生育しても作物により遮光されるため、作物収量や生育に影響を与えることは少ない。

栽培の途中で灌水や施肥が必要な場合は、マルチシートに小穴を多数空けることで、マルチ下の土壌へ養水分を補給することができるが、マルチングの機能が若干損なわれることになる。

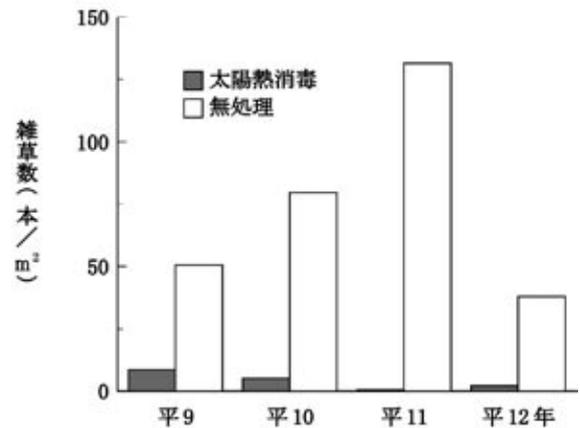
2) 太陽熱土壌消毒

(1) 技術概要

太陽熱土壌消毒は、臭化メチルに代わる連作障害による病害や有害線虫対策のために、奈良県農業試験場が開発した経緯があるが、除草対策としての効果も高い。夏季休閑期にハウス内を密閉し、畝立て、灌水、マルチがけを行った土壌に太陽光線を当てて地温を長期的に上昇させ、有害な病害虫や雑草種子を熱で死滅させる方法である。露地栽培においても有効な技術である(写真V-2)。



写真V-2 露地栽培における大規模な太陽熱消毒の様子（農事組合法人 光輪）



図V-3 太陽熱消毒後4週間後の雑草の発生数（片山2001）

太陽熱消毒：平成9年は6月26日から8月1日まで、平成10年は6月30日から7月28日まで、平成11年は6月29日から7月27日まで、平成12年は6月30日から7月27日まで、谷和原

片山（2001）は、太陽熱消毒により少なくとも表層2cmに分布している雑草種子が影響を受けて雑草発生が抑制され、スベリヒユの発生は、無処理区に比べて15%以下、シロザとメヒシバは10%以下、カヤツリグサ、ノミノフスマ、コニシキソウなどは5%以下に抑制されると報告している（図V-3）。

①特長

- ・ 除草効果が高く除草剤使用とほぼ同様である。
- ・ 地表面だけに限られるが、病害虫対策も同時に行える。
- ・ 住宅密集地でも使用可能である。
- ・ 薬剤が周辺作物に影響することはない。
- ・ 作業者の安全性に優れる。
- ・ 作業性に優れる。
- ・ 薬剤散布に必要な土壌条件（土壌水分管理や物理性など）を整える必要がない。
- ・ 薬剤散布後のガス抜きのための耕起が不要である。
- ・ 資材や機械コストが低い。

②注意点

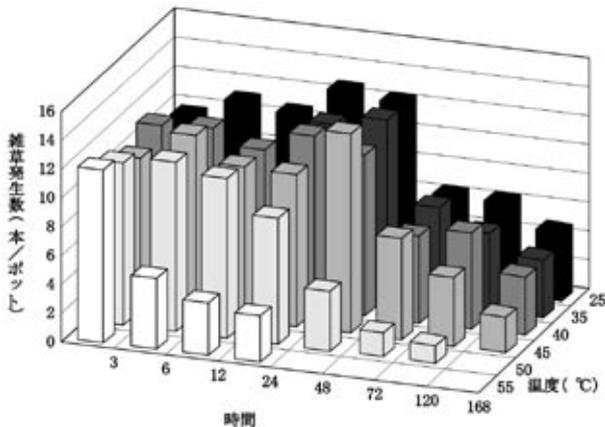
- ・ 畝の谷間やハウスの隅は温度が十分上がらないことがある。
- ・ 深耕により土壌構造が破壊されることがあるので、土塊の大きさある程度保つように耕起す

る。

- ・ 深さ2cmまでの表土中の雑草種子を死滅させるので、消毒後は土壌表面をできるだけ攪乱しないように定植や管理を行う。
- ・ 畝間や通路は雑草が出やすいので、適宜、除草する必要がある。

(2) 技術のメカニズムと特性

太陽熱土壌消毒は、太陽熱が土壌に吸収され、マルチシートによる温室効果で土壌温度が高くなるのが主な作用機作である。従って、温度が高いほど雑草種子の死滅確率が高くなる。室内で行った加温処理実験（図V-4）において、雑草発生の抑制効果が期待できる条件は、55℃では6時間以上、50℃では48時間（2日）以上、45℃では168時間（7日）以上が必要であり、40℃以下での処理効果は低いことが明らかになっている（片山 2001）。このように高温であるほど短時間に効率よく、確実な雑草抑制が可能になるので、気温が高く、日射量も多い夏季に行い、



図V-4 土壌の加温処理試験による雑草発生の数の変化（片山2001）

加熱処理：ポリエチレン袋に入れた土壌を恒温水槽中で加温

表V-5 太陽熱消毒の地表面下0、2及び5cmでの55、50及び45℃以上の積算時間（片山2001）
（単位：時間）

深さ	年	55℃	50℃	45℃
0cm	平成11年	27	51	94
	平成12年	62	99	143
2cm	平成11年	7	26	50
	平成12年	23	58	102
5cm	平成11年	0	0	0
	平成12年	0	0	0
雑草抑制効果が及ぼす積算時間		6	48	168

地温を低下させないように工夫することが重要である。

太陽熱は土壌表面温度を急激に上昇させるが、深度が高くなるほど温度上昇は緩和されるので、土壌消毒効果は低くなる。雑草抑制効果が高い55℃の温度が6時間以上保たれる深さは、その年の気象条件に大きく左右されるが2cm程度であり、深さ5cmでは、45℃以上に上昇することは期待できない（表V-5）。したがって太陽熱土壌消毒の有効深度は2cm程度と考えられる。雑草害を引き起こす埋土種子の多くは、深さ0.5cmまでに存在していると言われており、2cmまでの深さの土壌が熱処理されれば、ほぼ実用的に問題のない程度まで除草が可能と考えられる。

太陽熱土壌消毒の経済性について片山（2001）は、ニンジンの露地栽培の例ではあるが、コストは慣行栽培に比べて半分以下になることを示している（表V-6）。慣行栽培では、薬剤費はもちろん必要であり、その他に農薬を散布する機械費が高く、灌水装置が必要となるのがコストを高める原因となっている。一方、太陽熱消毒ではフィルム費が必要になる。フィルムは数回使用することによりさらにコストを下げることも可能である。またこ

表V-6 太陽熱消毒と慣行栽培に必要な資材費及び機械比の比較（片山2001）

（円/10a）

	D-D剤	除草剤 ^{a)}	フィルム ^{b)}	機械 ^{c)}	灌水装置 ^{d)}	計
太陽熱消毒(太)	0	750	9,594	20,643	0	30,987
慣行栽培(慣)	10,500	1,840	0	39,162	15,719	67,223

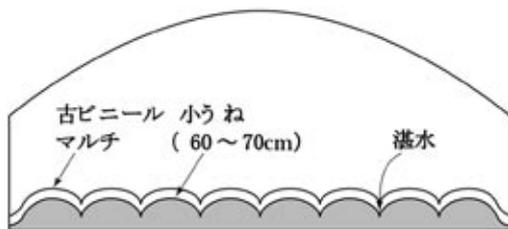
注 a): (太)ジクワット・パラコート液剤750円、(慣行)ベンチオカーブ・プロメトリン剤1,092円、ジクワット・パラコート液剤、b)ポリエチレンフィルム、c)8年耐久で計算、(太)人力噴霧器3,187円、平うねリッジマルチ機17,456円、(慣)土壌消毒器35,000円、人力散粒機975円、人力噴霧器、d)ポンプを含む、8年耐久で計算

の試算では、マルチはぎ取機を使用しない前提で行われている。

(3) 具体的な方法

基本的な太陽熱土壌消毒法（ハウス栽培）について、岡山（1999）の方法を示す。

- ①前作の資材や深根性作物の根を取り除き、十分に深耕する。耕うん前に稲わら1tまたは青刈り作物などの有機物を裁断してすき込むと良い。
- ②小畝を立てる。施設であれば図V-5のようにハウスサイドの際の土を内側に寄せて小畝を立てる。
- ③土壌表面を0.03mmの透明ビニールまたは古ビニールで隙間がないように全面を被覆する。
- ④畝の間に水を注ぎ込み、土中の粗孔隙を水で充満させる。漏水の激しい圃場では、ビニールの下に灌水チューブを敷いて地温が下がらない程度に途中で灌水しても良い。
- ⑤ハウスの外張りビニールや出入口、換気扇口を密閉して高温を保つ。密閉期間は7月下旬から8月下旬の20～30日間における効果が高い。
- ⑥終了後に外張りと地表面ビニールを取り除く。慣行栽培では雨に当てて除塩を行う。
- ⑦消毒直後は、病原菌に再汚染することがあるので、浸冠水されないように注意する。また良質堆肥の施用は、土壌微生物の回復を早め、消



図V-5 施設での太陽熱土壌消毒法（岡山1999）

毒の効果を安定させる。

改良型太陽熱処理土壌消毒が、白木（1999）により提案されている。すなわち表V-6のように、前作の後片付けをした後、耕うんを行い、ECメーターなどで残効を測定し、不足する分を基肥施用する。そしてそのまま定植ができるように正式な畝立てをした後に、灌水を行わないでビニールマルチを敷設し、太陽熱処理を行う。その後は雨に当てることによる除塩を行わず、そのまま定植するというものである。有機栽培においては、基肥に施用した有機質肥料が太陽熱処理により分解が促進する効果が期待できる。スイートコーン残渣などの未熟有機物の使用も可能である。

3) 草刈り・草削り

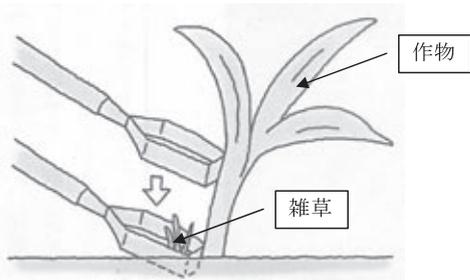
果菜類栽培においては、上述のマルチングや太陽熱利用消毒などの大面積で全体的な除草を行ったとしても、畝間や株周り、ハウス周辺など、小規模で部分的な除草が必要なることが多い。その場合は、草刈りや草削りによる手作業での除草が有効である。除草道具としては、刈払機や草刈鎌が一般的であるが、作業効率が高く、労働強度が低い便利な道具が開発されている（表V-7）。

畑やハウスの周囲を刈払機で草刈りを行う場合、通常通り、地際できれいに除草を行うとイネ科雑草が再生し、強害草の多いイネ科雑草を増やすことにもなる。そこで、あえて地面から5～10cm高いところで刈る高刈りを行うと、広葉雑草が横に広がり、イネ科雑草を抑えることができる（静岡県農林技術研究所2013）。広葉雑草を残すことで、土壌浸食を防止し、さらに天敵を生息させることもできる。高刈りはイネ科雑草が伸び始める5、6月から夏にかけての草刈りが効果的である。

6 月			7 月			8 月			9 月		
上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
跡片付け	耕うん	残肥の測定	太陽光消毒			ハウスビニール除去 (マルチはそのまま)			ハウス張り	マルチ除去	定植
		元肥施用			うね立て						

図V-6 太陽熱利用消毒の管理体系（白木1999）

表 V-7 草刈りや草削りの便利な道具例 (農山漁村文化協会 2013)



「穴あきホー」 左から極細スリム (刃幅75mm)、スリム (刃幅105mm)、スタンダード (刃幅170mm)、シャープ (刃幅120mm) 商品名「けずっ太郎」

- ・刃が地面に平行になるようにして、地表を5～10mm位の高さでスライスしていく感じで除草する。
- ・平刃とノコ刃が付いており、柄を反転させて使い分けることができる。通常は平刃を用い、引っかけて雑草を抜く時はノコ刃を用いる。刃の外側で作物をおさえ、株元の雑草を取ることも容易である (右図)。
- ・切れ味を維持するために刃物研ぎグラインダーを使用すると良い。



「万能両刃鎌・三角鎌・三角ホー」

- ・刃先を立てると雑草を抜くことができ、刃を寝かせると幅が広がるので速く除草をすることができる。普通の鎌より細かいところの雑草を取ることができる。立って作業ができるので楽である。
- ・草削りは地表1cmの高さで行う。土の表面1cmをカナナで薄く削る感じで行うのが良い。そのためハウスを閉め切って早めに地温を上げたり、定植前の畝に灌水して、あえて雑草が一斉に生えさせてから雑草の茎と根の境目を切り離す要領で除草を行う。
- ・雑草を根こそぎ抜こうとすると、土を掘り起こすことになり、埋土種子を覚醒させ、雑草を新たに生育させることになる。また、掘り起こした雑草をきちんと取り除く必要があるので手間が掛かる。



「大鎌」 左打ち用の大鎌(左)と右利き用の大鎌(右)

- ・右の鎌の形は鉞 (なた) のように灌木を叩き切るのに向いている。
- ・ハウス際でらせん杭を避けながら切ることができる。慣れてくると刈払機より速く、疲れも少ない。早朝に草刈りをするとメヒシバのような比較的軟らかいイネ科雑草でも大鎌で刈ることができる。
- ・イネ科雑草は葉先で根元をえぐり取るようにして成長点ごと取り除くことができる。刈り取る雑草を選択し、ヨモギやヨメナ (野菊) などの土壌浸食を抑制して天敵を増やす雑草を残すようにすることもできる。



中耕除草機「たがやす」



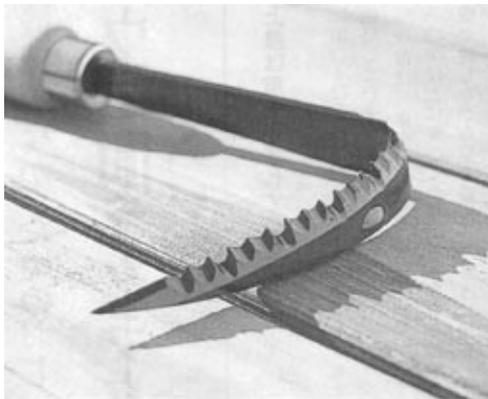
「くるくる・ポー」

- ・立って作業を行い、引くだけで楽に効率よく、除草することができる。



「除草爪の自作改良」

- ・ハウス周囲などを安全に刈払機で除草することができる。
- ・畑用（右）は鋼鉄線が下向きに置いている。水田用（左）は爪が長い。円盤部分はナイロンカッター用を利用する。



「草取りカギカマ」



「草取りレーキ」

4) 草生栽培

(1) 技術概要

草生栽培は、リビングマルチとも言われ、主作物に間作または混作することにより雑草を抑制する技術である。リビングマルチの生育が主作物の生育を抑制しないようにするために、リビングマルチは主作物より先に枯死したり、定期的に刈り敷くことにより雑草密度を低下させることができる。

①特長

- ・種子を播種するだけなので省力であり、外部から多量の資材を搬入する必要がない。
- ・刈り払ったり、枯死した後は敷きわらの代替となる。
- ・土壌に有機物を施用することができる。
- ・土壌硬度が低下して手取り除草が容易になる。
- ・土壌病害を予防することができる。
- ・マメ科緑肥を利用した場合は、施肥量を減らす

ことができる。

- ・冬作期間に緑肥がリン等の養分を吸収し、枯死後に可給態化して作物に供給できる。

②注意点

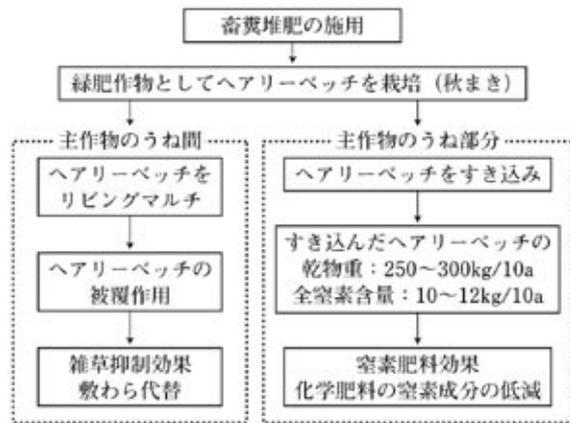
- ・マメ科緑肥の窒素供給量を勘案して施肥量を調整する必要がある。
- ・圃場条件を整えて、緑肥の均一栽培に心懸ける。
- ・ナス栽培にヘアリーベッチを導入すると収量が著しく劣ることが報告されている。
- ・ヘアリーベッチはアブラムシの寄主となるため、ウイルス病を媒介しないように注意する。

(2) 具体的な方法

ヘアリーベッチとカボチャの栽培体系（浅野2011）を例示する。図V-7および写真V-3のように、畝部分はヘアリーベッチを鋤込んで有機物と窒素養分を施用するとともに、畝間部分はリビ

ングマルチとして生育させて雑草を抑制し、最終的に枯死させることにより、敷きわらの代替を図る方法である。

- ① 10月上旬にヘアリーベッチの種子を圃場全面に播種する。
- ② 4月上旬に畝部分の幅1m程度をハンマーナイフモアなどにより細断し、ロータリー耕で鋤込む。



図V-7 ヘアリーベッチを利用した雑草管理 (浅野2011)

- ③ 必要に応じて基肥を施用し、畝立後にビニールマルチで被覆する。
- ④ 20日以上腐熟期間をとり、カボチャ苗を定植する。
- ⑤ カボチャ収穫時期に、ヘアリーベッチは自然枯死し、敷きわらとして果実の汚損を防ぐ。

* ヘアリーベッチの代わりにエンバクも利用可能であるが、畝間部分は定植前に借り倒して敷くのが良い。

* ヘアリーベッチを春先に畝中央部にすじ播きして成長させ、畝を完全に覆うようになったら鎌で根元を切ると、ヘアリーベッチが枯死するので敷き草の代わりとして使用する方法もある。

畝間除草を行うために、安価な屑コムギを播種し、ナス収穫時には刈り倒してマルチングする事例を表V-8に示す。雑草を大幅に抑制できるだけでなく、土壌窒素の溶脱を抑えることも可能である。



写真V-3 ヘアリーベッチのリビングマルチを利用したカボチャ栽培 (浅野2011)

左から ヘアリーベッチ栽培 (3月中旬)、カボチャ栽培うね部分のヘアリーベッチ鋤込み (4月初旬)、カボチャ定植後 (5月初旬)、開花期 (6月初旬)

表V-8 屑コムギによる畝間リビングマルチによるナスの除草体系 (八木岡ら2014)

作業日	作業内容
3月10日	ナス播種(品種:自家採種)
3月15日	ロータリー耕(深度15cm)サブソイラ(深度50cm)
4月25日	菌体肥料(N10kg/10a);全面施用、チゼル耕(深度25cm)、ロータリー耕(深度15cm)
5月6日	ボカシ肥料(N15kg/10a);全面施用、畝のマルチ張り(黒マルチ)
5月8日	ボカシ肥料(N5kg/10a);植え穴施肥、ナス定植(株間80cm、条間1.5m)、屑コムギ播種(75kg/10a)
5月26日	追肥:菌体肥料(N15kg/10a);通路(畝間)施肥 追肥:堆肥 1000kg/10a(N15kg/10a 相当);通路(畝間)施肥
7月11日	ムギの刈り払い、鶏糞(15kgN/10a);通路(畝間)施肥
7月31日	鶏糞(N15kg/10a);通路(畝間)施肥
8月29日	鶏糞(N15kg/10a);通路(畝間)施肥
7月~10月	収穫

注: 帰農志塾2012年の作業体系を示す。

5) 不耕起栽培

不耕起栽培においては、表層土壌の攪乱がないため、雑草の埋土種子が土壌表層に出てくることがなく、不耕起栽培を継続することにより雑草量は減少する。あとは外部からの侵入に留意するだけで良い。具体的な方法については、「IV. 土づくり・施肥管理」を参照されたい。

引用文献

- 1) Masiunas, J. (2000)、「10 Weed control for commercial vegetable crops」『ILLINOIS AGRICULTURAL PEST MANAGEMENT HANDBOOK』
- 2) 浅野裕司 (2011)、「ヘアリーベッチを利用した野菜圃場の雑草管理と窒素施用量の低減」『土壌施肥編 第5-1巻 畑の土壌管理（土壌管理の実際－緑肥作物の利用）』畑、農文協、172-108～172-114
- 3) 伊藤操子 (1993)、『雑草学総論』養賢堂
- 4) 岡山健夫 (1999)、「太陽熱土壌消毒」『農業技術大系土壌施肥編 第5-1巻 畑の土壌管理（土壌管理の実際－直接的土壌病虫害対策）畑』農文協、213-216
- 5) 片山勝之 (2001)、「太陽熱消毒による線虫と雑草抑制」『農業技術大系土壌施肥編 第5-1巻 畑の土壌管理（土壌管理の実際－直接的土壌病虫害対策）畑 216-1』農文協、44-48
- 6) 川城英夫 (1989)、「マルチ（被覆のタイプと生育環境）」『農業技術大系 野菜編 第12巻 共通技術・先端技術（施設・資材－被覆のタイプと生育環境）施設・資材』農文協、41-47、
- 7) 埼玉県農林部 (2000)、「4 雑草防除対策」『有機100倍運動の技術指導マニュアル Ver.1』
- 8) 静岡県農林技術研究所 農村植生管理プロジェクト (2013)、『害虫・雑草を抑え、天敵を増やす地域の植生管理』農文協
- 9) 白木己歳 (1999)、「施設の施肥・作うね後太陽熱土壌消毒（改良型太陽熱利用土壌消毒）」『農業技術大系土壌施肥編 第5-1巻 畑の土壌管理（土壌管理の実際－直接的土壌病虫害対策）畑 216-1』農文協、6-12
- 10) 農山漁村文化協会 (2013)、『農家が教えるラクラク草刈り・草取り術』農文協
- 11) 八木岡敦・伊藤崇浩・戸松正・嶺田拓也・小松崎将一 (2014)、「屑コムギによる畝間リビングマルチ利用の有無が耕地生態系に及ぼす影響－栃木県有機野菜農家の栽培事例分析－」『有機農業研究』（印刷中）

VI. 病虫害防除対策

1. 基本的な考え方

有機栽培は土づくりなど自然の持つ力を最大限に活用した栽培方式とされており、害虫の天敵が活動し易い環境では、慣行栽培や施設栽培で問題になる微小害虫はほとんど問題にならないことも事実である。ところが、我が国の1戸当たり経営面積はEUの20分の1、アメリカの100分の1と小さく（桐谷2013）、連作せざるを得ない状態であり、連作障害や病虫害発生による被害の問題も少なからずある。有機栽培は、農地の条件、季節、土質など様々な制約を受ける。露地栽培では普通栽培と早熟栽培を、無加温施設栽培では半促成栽培、雨除け栽培を対象とする。また、広い面積を必要とする性フェロモンを利用した交信攪乱剤の利用に関しては、登録はあるものの果菜類での有効な使用方法がないため取り上げない。

一方、最近では加温施設栽培でも有機栽培を行う事例が増えてきた。施設栽培は露地の有機栽培とは対極にある栽培法である。施設栽培では病虫害を抑制する要因が少なく、何らかの防除手段を講じない限り、病虫害は指数曲線的に増えてしまう（根本1995）。そのため、施設栽培で安定した栽培を維持するには、露地栽培とは異なる病虫害管理法が必要になるので、項目を設けて解説する。

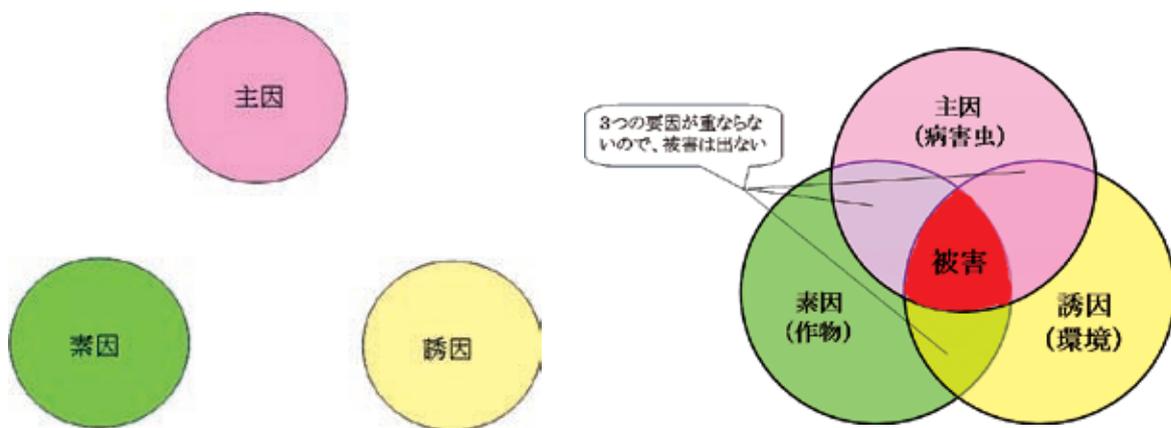
1) 病虫害発生 の 3 つ の 要 因

植物に病気や害虫が発生して被害がでるためには、主因である病原菌や害虫の存在、素因である植物の病原菌や害虫に侵されやすい性質の存在、誘因である病虫害が繁殖しやすい環境といった条件が必要である。この3つが揃っても各要因が重なるほど大きくならないと病気や害虫の被害は出ないが、3つの要因が重なると被害が出る（図VI-1）。この3つの要因は、慣行栽培であろうと有機栽培であろうと変わらない原則であり、農薬を用いる場合にも念頭に置く必要がある。

(1) 主因

病害ではウィロイド、ウイルス、細菌、カビ（糸状菌）などの微生物が（奥田2004）、害虫では節足動物、線虫、ナメクジなどのマイマイ類（軟体動物）、このほか、鳥、イノシシ、シカ、サルといった脊椎動物の被害もある。これらの被害は1つの個体で被害を現すものから、多数の個体群とならなければ被害を与えられないものまでである。

個体群レベルでないと被害を出さない病虫害対策は、苗、種、土などについてくる病虫害を畑に持ち込まないことである。熱、水や光、マルチ、ネットといった物理的手段により植物との接触の機会を遮断したり、病虫害を死滅させたりする方法もある。



図VI-1 病虫害発生 の 3 つ の 要 因 (根本 2013)

また、光、音、色や臭いなどに対する昆虫等の反応を利用して、捕獲したり、忌避行動を起こすといった行動を制御したりする方法もある。

(2) 素因

素因は病害虫のターゲットとなる作物のことで、病害虫に対する抵抗性や耐性の有無など植物の病害虫に対する侵されやすさと関連する。これらは、品種と病害虫のレースにより抵抗性の具合が異なる一方、環境条件により変動しにくい抵抗性があり、抵抗性品種や抵抗性台木の利用はこの代表的な例である。これとは別に、作物を健全に育てると病気に罹りにくいというような、品種とレースなどに限らず発揮される抵抗性もある。

(3) 誘因

誘因（環境条件）は病害虫の発生に大いに影響する。例えば、湿った環境で生えるカビは、風通しを良くして湿度を下げることで発生を抑えることができる。土壌病害の多くは土壌の排水性やpHに影響されることが分かっている、これを改善することによって被害を回避できることも多い。

また、病害虫には多くの対抗生物があり、害虫では天敵の、病害には拮抗微生物などの共生微生物の存在が病害虫の発生を抑制する。連作すると、土の中の肥料成分が不均衡になったり、連

作した野菜から分泌された成分が土の中に残ったり、前作で発生した病害虫が土の中に残るなどの弊害がでる。

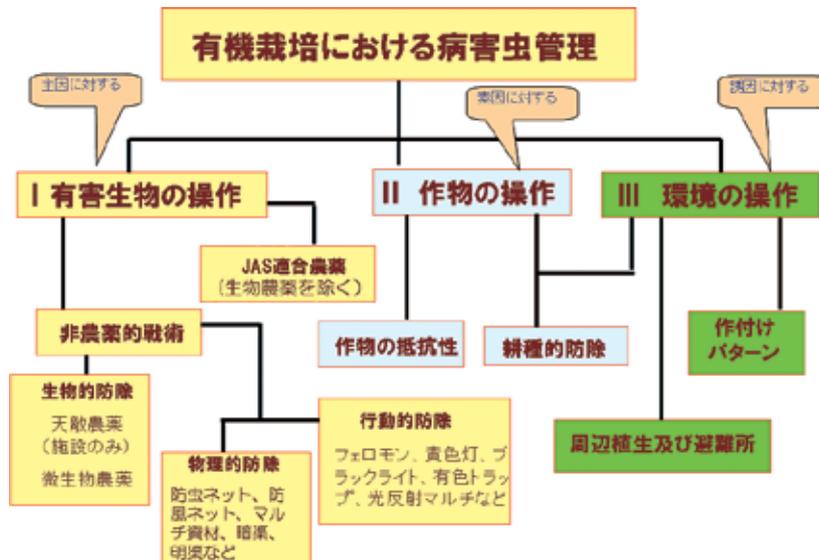
2) 病害虫防除対策

作物に病気や害虫の被害を起こす3つ要因に対するそれぞれの対策を図VI-2に示した。病害虫である主因に対する対抗策は、有機栽培では有機対応の農薬といえども極力使わないのが原則で、物理的防除や行動制御、生物的防除（生物農薬）といった非農薬的手法が中心となる。作物である素因に対しては、耕種的防除と病害虫に対する作物の抵抗性が用いられる。耕種的防除は作物栽培と環境の2つに係わるが、生物的防除や物理的防除とは異なり、これを採用したら途中で止めることのできない性質のものである。環境である誘因に対する方法は、作物の空間配置や天敵が増えやすい環境を構築することが中心となる。

具体的には、輪作を行った上で、良い土に、地域の気候や風土に合った野菜を適期に作り、堆肥などの有機質肥料は正しく使い、病気に強い品種や台木を利用し、障壁作物やリビングマルチを配置して天敵が増え易い環境を作るなどである。

(1) 物理的防除

物理的防除は、温度、水、光などの物理的事



図VI-2 有機栽培における病害虫管理の模式図（根本（2011，2012）から作成）

象を利用するものである。温度に関係したものは、熱、火炎、日光、蒸気、寒さにさらすことにより病害虫を死滅させる。水に関係したものでは、湛水、乾燥、灌漑などの工夫が行われ、土壌水分を低くする高畦栽培、暗渠や明渠の設置、作物に雨をあてない雨除け栽培、トンネル栽培などがある。光を遮断した雑草防除や雨による土の跳ね上げ防止にはマルチフィルムなどが用いられるが、稲わら、籾殻、落ち葉、敷き草などの有機マルチを用いる場合もある。防虫ネットや不織布などは物理的に害虫が野菜類と接触する機会を遮断するものである。太陽熱消毒や害虫の捕獲などの方法も物理的防除になる。

(2) 行動制御防除

行動制御防除は、光、暗黒、音、重力、風、匂い、接触など、主に昆虫などの害虫に用いられる。光を利用したものでは各種の有色粘着トラップや近紫外線除去フィルム、光反射を利用したシルバーマルチやアルミ蒸着フィルム、蛾の飛来を阻止するための各種黄色灯などがある。匂いを利用したものでは性フェロモンといった雄雌の交信攪乱物質を利用した方法などがあるが、地域単位など比較的広い面積で効果を発揮する。

(3) 耕種的防除

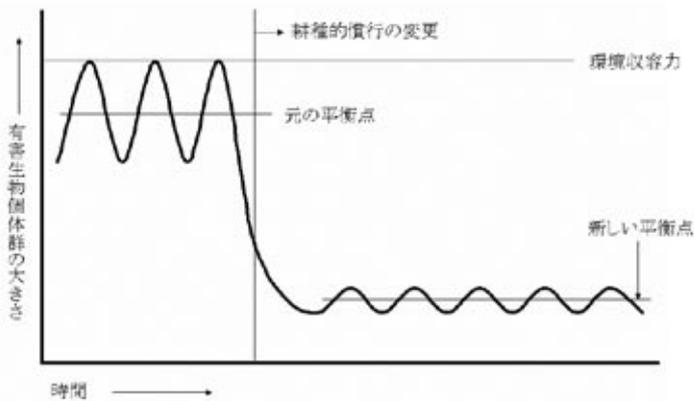
病害虫の耕種的防除は、病害虫の増殖を減らすか、作物が病害虫の攻撃に耐える力を増やすかの何れかのために、作物の栽培法を変えることによって行われる。前者は、病害虫にとっては不利で、天敵や拮抗微生物などの病害虫抑制生物には有利な状況を作り出すことである。圃場衛生管理、土づくり、適正施肥、抵抗性品種や台木の利用、輪作や混作・間作、おとり（トラップ）植物、対抗植物、土壌酸度（pH）、連作の回避、拮抗微生物の利用（製剤化された場合は生物農薬）、天敵増殖植物（インセクターイーブラント）の利用などがある（表VI-1）。ここで、天敵増殖植物は、天敵の餌となる蜜や花粉を生産したり、餌となる節足動物が生息するなどの特徴を持ち、天敵を誘引したり増殖する効果のある植物のことである。

耕種的防除は病害虫の密度を作物に被害が出ない水準以下に押し下げるものであり（図VI-3）、化学的防除、生物的防除、物理的防除、行動的防除のように病害虫に直接的に効かせるものではなく、作物または作物の環境を通して間接的に効果を現すものである。耕種的防除は間接的に病害虫に影響し、その効果はゆっくりと現れるので、

表VI-1 主な耕種的防除の例（根本 2011, 2012）

主な項目	主な内容
予防	病害虫に加害された株を植えない、発病地から病苗を持ち込まない、耕耘機やクワなどの農機具の洗浄
衛生管理	病害虫に加害された株を植えない、発病地から病苗を持ち込まない、耕耘機やクワなどの農機具の洗浄など
輪作	異なる作物を順次栽培することで、有害生物から寄生作本を奪う
土壌条件	土壌水分、土壌pH、土壌の物理性
肥沃度	化学成分、例えば窒素成分の過剰により病害虫が多発する傾向がある
作物品種や台木	病害虫抵抗性品種や温度に対する耐性品種の利用
対抗植物	前作にマリーゴールド、クロタラリア、ギニアグラスを栽培した線虫対策
マルチの利用	リビングマルチ（クローバー、ムギ、イタリアンライグラス、ヘアリーベッチなどの利用）、敷きわら、落ち葉マルチ、敷き草マルチ
障壁の利用	防風ネット、障壁作物
昆虫増殖植物*の利用	畑の内外にデントコーン（飼料用トウモロコシ）、ソルゴー、マリーゴールドを配置する
栽培法（植物の配置）	間作（畑の周りの障壁作物はこの変形）、混作、リレー栽培

* 本文参照



図VI-3 耕種的防除に関する理論的な有害生物（病害虫）個体群の動態（根本2011）

危急の病害虫防除には向かない。大部分は通常の栽培作業で使用される設備や道具を使うので、その土地の気候や風土に影響される。そのため、統一的方法はなく、土地毎に耕種的防除の組み立てを工夫しなければならない。抵抗性品種や台木の利用、圃場衛生の管理、輪作、おとり（トラップ）作物、対抗植物、土壌酸度（pH）、連作の回避、拮抗微生物の利用、天敵増殖植物の利用などがある（根本2011, 2012）。

2. 病害抑制対策

有機栽培では施肥量が多いと病害の発生が多くなると言われ、堆肥の熟度や施用の仕方によっても影響される。そうした弊害を避ける方法として局所施用法がある。元肥は全面施用のほか、畝の下に局所施用する“くらつき”と呼ばれる方法や畝間や通路の下に局所施用する“割肥”と言われる方法もある。

1) 有機栽培で発生する病害

キュウリではモザイク病、うどんこ病、斑点細菌病、べと病、疫病、炭疽病、つる枯病、つる割病などが発生するが、つる割病は接ぎ木苗によって防げる病気となっている。モザイク病対策として、以下に示すズッキーニ、トマトやピーマンを含め、媒介虫であるアブラムシの制御が肝要である。

ズッキーニではモザイク病、うどんこ病、疫病、菌核病、こうがい毛かび病、つる枯病、苗立枯病、軟腐病、べと病などが発生する。

ナスでは、青枯病、半身萎凋病、うどんこ病、褐色腐敗病、輪紋病、褐色円星病、苗立枯病などが発生するが、青枯病や半身萎凋病は接ぎ木苗を用いた対策が可能な病気となっている。

トマトではモザイク病、青枯病、軟腐病、かいよう病、萎凋病、疫病、白絹病、輪紋病、斑点細菌病などが発生するが、モザイク病や青枯病などには抵抗性品種があるのでこれを使用する。

ピーマンではモザイク病、青枯病、軟腐病、疫病、白絹病、斑点細菌病などが発生するが、青枯病に対して卓効を示す抵抗性品種はない。

2) 物理的防除

(1) 太陽熱消毒

本圃では、梅雨明け後の7～8月の暑い時期に行く。稲わらまたは腐葉土を施用したり、前作にデントコーンなどの緑肥作物を栽培し鋤込む。この時に、米糠や鶏糞などを施用し窒素分を補給する。土が乾いている場合は、湛水するなどして湿らせる。透明のビニールまたはポリエチレンフィルムを処理面全面に覆う。土とフィルム面の間に隙間ができないようにし、裾に土を被せたり埋め込んだりして固定する。これを、さらにビニールトンネルで覆い、二重被覆とする。この方法は、深さ15cm程度までの深度の土壌に効果が認められるので、苗立枯病、センチュウ類や雑草の抑制など

表VI-2 太陽熱消毒の効果

病 害	効 果
キュウリつる割病	◎
イチゴ萎黄病	◎
ナス半身萎凋病	◎
トマト半身萎凋病	◎
ピーマン疫病	◎
トマト褐色根腐病	◎
イチゴ芽枯病	◎
トマト根腐萎凋病	○
ナス科青枯病	△
トマト軟腐病	△

◎：防除効果が高い

○：発病抑制・被害軽減効果が認められる

△：防除効果不十分

(栃木県農業者懇談会1996)

に効果を示す。ビニール袋などに入った育苗用土も、真夏に太陽熱で消毒して利用することも可能である。この場合、袋内に隙間が無いようにすると効果が高まる。

(2) マルチ資材の利用

光を遮断した雑草防除で、光を通さない性質を利用したものである。合成フィルムでは白黒、銀黒、シルバー、黒色、緑色、透明の順に効果が下がる。有機物マルチ（樹皮やわらなど）やリビングマルチ（クローバーや麦類など生きたマルチ）なども用いられている。これらは雑草抑制のほか、雨による土の跳ね上げを防止するためにも用いられていて、これによりナス褐斑腐敗病、キュウリべと病、スイカ炭疽病の発生が抑制可能となる。また、稲わら、籾殻、落ち葉、敷き草といった有機物マルチは、そこに捕食性のカブリダニなどが住み着き、微小害虫の発生を抑制する効果も期待できる。なお、有機栽培で人気のある生分解性マルチの使用は有機JASでは認められていない。

3) 耕種的防除

(1) 予防

予防には、まず病虫害の移動経路を遮断する。多くの節足動物、線虫、病原体、雑草の種子などは、風、水、人の活動などによって受動的に畑に運ばれる。風には防風対策、水には排水対策が有効である。農業機械や農具に付着した土中の雑草の種や苗の内や外部に保持された孢子、菌体や卵などが人の活動に伴って移動する。対策としてはこれらの孢子、菌体や卵などの移動の遮断が効果的である。一つの畑で作業を終えた後は農業機械や農具への土の付着物は洗浄などにより除去し、その後次に次の作業に移るなどの配慮が必要である。

(2) 抵抗性品種・台木の利用

農薬と異なり土壌や環境への影響が少なく薬害もないなどのメリットのほか、抵抗性の品種や台木を使うと、輪作の間隔を短くすることも可能になる。

①抵抗性品種の利用

作物が持つ各種病気や害虫に対する耐病性や抵抗性を利用したもので、それらの性質を持つ品種（表VI-3）を用いる。効果が極めて有効なもの、かなり有効なもの、条件により有効なものなど効果に幅がある。また、ある種の病害に対しては抵抗性や耐病性があっても、別の病虫害には抵抗性がないものもある。土壌病害虫に対してはそれらに抵抗性・耐病性のある台木と組み合わせて用いることも有効である。病害の蔓延に好適な環境では、抵抗性が発揮されにくいいため、抵抗性・耐病性にのみ頼るとそれをうち破る系統がでてきてしまう心配もあり（これを抵抗性の崩壊という）、抵抗性品種以外の耕種的防除など他の防除手段と組み合わせた使用が有効ある。

②抵抗性台木の利用

各種病気や害虫への抵抗性・耐病性は品種の持つものと、台木のもつもので異なる場合がある。この場合、作物（穂木）をある台木に接ぐと台木の持つ各種土壌病害虫に対する耐病性や抵抗性を付加できることを利用したものである（表VI-4）。非抵抗性の穂木と抵抗性の台木とを接いだ時に、苗を寝かせて定植したり、接合部分に土などが接したりすると、折角接ぎ木をしても土壌病害が穂木に直接感染するなどの事例もあるので注意する。また、台木により耐暑性や耐寒性、草勢、低温伸長性などが異なるので、穂木や台木の品種の組合せはトマトの頁の表を参照するほか、カタログ等で事前に調べておく必要がある。

トマトでは穂木と台木のトマトモザイクウイルス（ToMV）に対する抵抗性遺伝子の型を揃えないと、苗の生長が思わしくないことが分かっている。+/+を抵抗性無し、抵抗性の型をTm-1、Tm-2、Tm-2aと表すと、穂木と台木とも（+/+またはTm-1）、あるいは穂木と台木とも（Tm-2またはTm-2a）と揃っていると穂木と台木の活着（親和性という）が良い。ところが、穂木（Tm-2またはTm-2a）と台木（+/+またはTm-1）あるいはその逆では穂木と台木の活着が良くない（第3部表I-2～I-5参照）。そこで、種の購入前に

表VI-3 抵抗性品種の利用

作物名	病害虫抵抗性・耐病性の対象病害虫	備考
キュウリ	べと病、うどんこ病、褐斑病、斑点細菌病、灰色かび病、ウイルス病、ネコブセンチュウなど	草勢などの特徴あり。久留米原種育成会、埼玉原種育成会、サカタのタネ、ときわ研究場、タキイ種苗、ナント種苗ほか
スイカ	つる枯病	みかど協和など
メロン	つる割病、つる枯病、うどんこ病、えそ斑点病、ワタアブラムシ	サカタのタネ、タキイ種苗、萩原農場生産研究所ほか
カボチャ	うどんこ病	
トマト(大玉)*	青枯病、半身萎凋病 (Va, Vd)、萎凋病 (L ₁ , L ₂ , L ₃)、根腐萎凋病 (J ₃)、葉かび病、斑点病、モザイク病 (ToMV)、トマト黄化えそ病 (TSWV)、トマト黄化葉巻病 (TYLCV)、アレナリアネコブセンチュウ、サツマイモネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ	サカタのタネ、タキイ種苗、カネコ種苗、朝日工業、丸種、トキタ種苗、ナント種苗、Enza Zadenほか
トマト(中玉)*	半身萎凋病 (Va, Vd)、萎凋病 (L ₁ , L ₂ , L ₃)、根腐萎凋病 (J ₃)、葉かび病、斑点病、モザイク病 (ToMV)、トマト黄化えそ病 (TSWV)、トマト黄化葉巻病 (TYLCV)、アレナリアネコブセンチュウ、サツマイモネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ	サカタのタネ、タキイ種苗、丸種、みかど協和、Enza Zadenほか
ミニトマト*	半身萎凋病 (Va, Vd)、萎凋病 (L ₁ , L ₂)、葉かび病、斑点病、トマト黄化葉巻病 (TYLCV)、モザイク病 (ToMV)、アレナリアネコブセンチュウ、サツマイモネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ	サカタのタネ、タキイ種苗、トキタ種苗、カネコ種苗、朝日工業、丸種、Enza Zadenほか
ピーマン、(パプリカ)	ピーマン：モザイク病 (TMV, ToMV, PMMoV**), 青枯病、疫病 パプリカ：ウイルス病 (PMMoV, TMGMV, TMV, ToMV)	タキイ種苗、長野県原種センター、日本園芸生産研究所、南国育種研究農場、Enza Zaden (パプリカ) ほか

* 品種により病害虫に対する抵抗性の程度や組み合わせる台木の ToMV 遺伝子型と合わせる。第3部 I トマトの有機栽培技術のほか、品種の配布先や種苗会社のカタログやホームページ等で確認する。

** PMMoV 抵抗性品種のうち、L₄ 遺伝子を保有した品種は、連作により L₄ 遺伝子を打破する PMMoV 系統が発生することが懸念されるため、導入は慎重に行う。

表VI-4 抵抗性台木の利用

穂木	台木利用による穂木の対象病害虫	備考
キュウリ	根腐病、つる割病	カボチャなどの台木、ブルームレス、耐暑性、低温伸長性、草勢などの特性がある。久留米原種育成会、埼玉原種育成会、ときわ研究場、タキイ種苗ほか
メロン	つる割病	カボチャ、共台、トウガンなどの台木、低温伸長性あり
スイカ	つる割病	ユウガオ、カボチャ、共台、トウガンなどの台木があり、低温伸長性などの特性がある。
ナス	青枯病、半身萎凋病、半枯病、ネコブセンチュウ	アシスト、カレヘン、トナシム、トルバム・ビガー、トレロ、ナクロス、茄の力などの品種がある。
トマト*	青枯病、半身萎凋病、萎凋病、根腐萎凋病、褐色根腐病、モザイク病 (ToMV)、トマト黄化葉巻病 (TYLCV)、ネコブセンチュウ	トマト黄化葉巻病は穂木と台木共に抵抗性が必要。草勢などの特性あり。サカタのタネ、タキイ種苗、カネコ種苗、三愛種苗、トキタ種苗ほか

* 品種により病害虫に対する抵抗性の程度や組み合わせる台木の ToMV 遺伝子型を合わせる。

は穂木や台木の品種の ToMV に対する抵抗性遺伝子の型を事前にカタログ等で調べておく必要がある。同様に、トマト黄化葉巻病抵抗性品種では、台木も抵抗性の必要があるようである。

ナスの病害虫では、土壌病害虫が最も懸念さ

れるので、抵抗性を持った台木に接ぐことはかなり有効である。接ぎ木成功率を上げるには穂木と台木の生育を揃える必要があるため、それぞれの播種時期を調整する必要がある。

(3) 土壌酸度 (pH)

土壌酸度は土壌病害の発生に大きく影響し、スイカの白絹病やつる割病は酸性に偏ると発生しやすくなる。発生を回避する方法として酸性土壌の矯正がある。果菜類の土壌酸度を好適酸度（表VI-5）にして土壌病害の発生を防ぐが、概ねpH6.5に揃えると無難である。土壌pHを酸性からアルカリ性に矯正する場合は、蛎殻石灰や貝化石を用いる。蛎殻石灰の施肥では、10a当たり1tの施用でpHが1程度上昇するが、1～2年かけてゆっくり上昇するため、pHが上がらないからといって、拙速に投入量を増やさないようにする必要がある。一般に、アルカリ性になってしまった土壌を酸性に矯正する手段は少なく、石灰資材の過剰投入にならないように注意する。

アルカリ性の土壌で発生が抑制される病気としては、ウリ科のつる割病やナス科のフザリウムによる病害があり、逆に、ナスやピーマンの青枯病、苗立枯病（リゾクトニア菌）はアルカリ土壌で多発する。適正酸度を心がけるようにしたい（表VI-5）。

(4) 連作の回避

作物を連作すると収量が減ったり、ある種の病害虫が発生しやすくなったりすが、いわゆる「連作障害」とよばれている。一定の休栽期間を設け

表VI-5 果菜類における好適土壌酸度の目安

好適土壌酸度	野菜名
5.5～6.5	イチゴ
5.5～7.0	ゴーヤー、ズッキーニ、トウガン、ナス
6.0～6.5	キュウリ、スイカ、カボチャ、メロン、トマト、ピーマン、シシトウ、トウガラシ、オクラ

後藤（2012）及び川城（2001）などを元に作成

表VI-6 土壌酸度と土壌病害発生との関係

酸性で被害が増加する	アルカリ性で被害が増加する
トマト・萎凋病 トマト・白絹病 ピーマン・白絹病 キュウリ・つる割病 スイカ・つる割病	トマト・半身萎ちょう病 細菌による土壌病害 リゾクトニア菌による苗立枯病

表VI-7 主な果菜類の休栽年数

作付けを開ける期間	主な果菜類
連作障害が少ない（翌年栽培が可能）	カボチャ
1年	トウガン
2～3年	イチゴ、キュウリ
4～5年	トマト、ナス、ピーマン、メロン
6～7年以上	スイカ

て（表VI-7）輪作することでこれを回避できる。この場合、休栽期間中に共通の病害虫が発生する作物、すなわち、ウリ科同士やナス科同士を栽培すると休栽にはならないので注意が必要である。

(5) 有機物施用による土壌病害の軽減

土壌病害に拮抗作用を有する微生物の種類としては、①微生物が産生する抗菌物質によって病原菌の活動を抑制するもの、②病原菌との栄養、場の競合により繁殖を抑えるもの、③病原菌に寄生して繁殖を阻止するものなどがある。数年前から、灰色かび病や軟腐病など地上部病害に対して拮抗作用を有する微生物が市販されている。

拮抗微生物の処理法は、①病土に有機質資材を加え、土壌在来の拮抗微生物の増殖を促す方法、②作物の根群に拮抗微生物をあらかじめ接種して根圏に存在する病原菌の活動、侵入を抑制する方法などがある。①は有機物や石灰などの施用によってある種の土壌病害が軽減される現象があり、②の技術は根頭がんしゅ病や軟腐病で行われていて、これらを用いた生物農薬が利用できる（表VI-14参照）。

(6) ネギ、ニラの利用

ネギ類の根にはシュードモナス（*Pseudomonas glogioli* や *P. cepacia*）などの微生物が共生しており（木嶋 2003）、この細菌はスイカ、キュウリ、メロンなどのつる割病菌に拮抗作用を示すことが知られている。このほか、トマトの根腐萎ちょう病などにも拮抗作用があり、これらを根が絡み合うように混植すると病害を抑制できる。長ネギをキュウリと混作するとつる割病を、ナスやトマトと混作すると、

青枯病や立枯病を予防できる。スイカ、キュウリ、メロンなど根の浅い場合は長ネギを、トマトやナスなど根の深い野菜の場合はニラを混植する。

これらの方法は規模が小さな生産者には好評のようであるが、規模が大きくなると労力的に難しく、その場合は病害抵抗性台木への接ぎ木が推奨される（前出）。

3. 虫害抑制対策

有機栽培では、天敵などが発生しやすいように栽培環境を整えると多くの害虫の発生は抑えられる。一方、慣行栽培では問題にはならないものの、殺虫剤を使わない環境では問題になる害虫があり、これらの発生を抑えることが重要である。アブラムシ類はモザイク病の媒介虫に、コナジラミ類やアザミウマ類もウイルス病の媒介虫となっていて、若い苗が感染すると被害は大きい。

1) 有機栽培で発生する害虫の特徴

有機栽培で発生する害虫は、各作物に共通なものとしては、アブラムシ類、コナジラミ類、タネバエ、ハモグリバエ類、アザミウマ類、ハダニ類、ホコリダニ類、コガネムシ類、センチュウ類などがある。

アブラムシ類は種類が多いものの、ワタアブラムシやモモアカアブラムシのように果菜類に共通なもの、ナス科に共通なチューリップヒゲナガアブラムシ、ジャガイモヒゲナガアブラムシなどが主である。コナジラミ類、ハモグリバエ類、アザミウマ類は種により若干寄生性が異なるものの、ナス科とウリ科



図VI-4 ナス周囲を囲む防風ネット(左)、畑周囲の防風ネットのハスモンヨトウ成虫の産卵阻止効果(右)

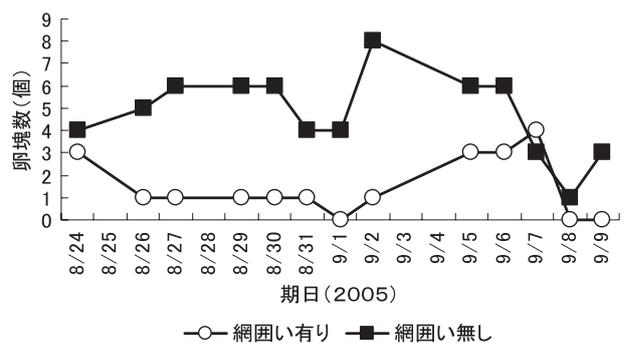
に共通で、慣行農法で殺虫剤使用の多いところで発生しがちである。タネバエやコガネムシは未分解の有機物施用で、ハダニ類やホコリダニ類は地表面が乾燥した環境で発生が多い。センチュウの寄主範囲は広く、果菜類ではネコブセンチュウの被害が特に大きい。一度畑がネコブセンチュウに汚染されると雑草を含め寄主範囲が広いので、畑から根絶することが難しい。

ウリ類に特異的なものはウリハムシ、コナダニ、ワタヘリクロノメイガであるが、ナス科作物に偏ったものはネキリムシ、オオタバコガ、ハスモンヨトウ、テントウムシダマシで、トマトだけに特異的なものはトマトサビダニである。

2) 物理的防除

(1) 防風ネットのフェンス掛け

ナス栽培では風による“すれ果”防止のため5mm目の防風ネットを作物の高さより高くなるように張ることが行われている。これを行うとすれ果防止のほかに、ハスモンヨトウなどのヤガ類の侵入防止効果が期待できる。このネットの代わりにソルゴーやデントコーン（飼料用トウモロコシ）等の障壁作物を栽培し囲んでも、同じ効果が期待でき、その上、アブラムシやアザミウマの天敵であるテントウムシやヒメハナカメムシの増殖が期待できる（図VI-4）。このことについては、別項で取り上げるが、防風ネットやソルゴー、デントコーンはピーマンやキュウリなどの果菜類にも適用が可能である。



表VI-8 防虫ネットの網目と防げる害虫*の目安

網の目合い	< 0.3mm	< 0.8mm	< 1.0mm	< 2.0mm
防げる害虫	コナジラミ類	アザミウマ類 ハモグリバエ類	アブラムシ類	ヨトウムシ類成虫

* 果菜類対象

(2) 防虫ネットの利用

防虫ネットは、露地栽培でのトンネル被覆のほか、主に育苗施設やハウス栽培の開口部を被覆して害虫の侵入を防止するために用いられる。防ぐことができる主な害虫はコナジラミ類、アザミウマ類、ハモグリバエ類、アブラムシ類など施設栽培で問題となる微小害虫やヨトウムシ類などである。これらの侵入を防止するため、天窗、側窓、出入口といった開口部に展張する。

福島県では夏秋キュウリの栽培において、防虫ネットで全被覆したネットハウスが利用され、アブラムシや急性萎凋病（ウイルスの複合感染）の被害防止に役立っている（バンカー法を利用した天敵利用と抵抗性品種との組合せ）。このハウスでは、病虫害の被害軽減効果のほか、風害や雹害の防止及び保温効果が期待できるという（福島県農林水産部 2009）。

3) 行動制御による防除

(1) 近紫外線除去フィルムの利用

アザミウマ類やアブラムシ類、コナジラミ類、ハモグリバエ類などは波長 320～380nm の近紫外線領域の光に走光性を示すことが知られている。そこで、波長 320～380nm の近紫外線領域の光を除去するフィルムで施設を被覆して、これらの害虫の施設内への侵入を防止する。近紫外線の透過を抑えた近紫外線除去フィルムを育苗施設の被覆資材として用いると、アザミウマ類、アブラムシ類、オンシツコナジラミ、ハモグリバエなどの侵入を防止できる。この場合、サイド面から入り込んだ光の当たる部分には効果が認められないだけでなく、一度侵入してしまった害虫には効果が無いので注意が必要である。



写真VI-1 キュウリ畑の外周に張られたフィルム

(2) 光反射フィルムの利用

銀色のシルバーマルチや白色マルチで土壌表面を被覆すると、アザミウマ類、ハモグリバエ、アブラムシ類を忌避することが可能である（写真VI-1）。

反面、これらのフィルムで被覆すると地温を下げる効果もあるので、使用方法に注意が必要である。ウリ類では春から秋にかけて発生するウリハムシ類が問題になるが、宿根アスターでは畝間に60cmの光反射シート（日立エーアイシー社製ネオポリシャイン幅180cmを60cm幅に切断して使用）を張ることにより、ウリハムシ及びクロウリハムシの被害を抑制できた（根本 2008）。これを応用し、農業用光反射シートをウリ類の畑の周囲に幅90cmに切断したものを額縁状に設置することにより被害を軽減できることが分かった（根本 2010）。

(3) 有色トラップの利用

育苗時に有色の粘着トラップを設置してそれらの発生を防ぐことが可能である。黄色にはアブラムシ類、コナジラミ類やハモグリバエ類が、青色にはアザミウマ類が誘引されるが、これらを開口部や苗の周辺に設置して捕虫することが可能である。

表VI-9 有色粘着板に誘引が認められる昆虫

黄色	コナジラミ類、ハモグリバエ類、アブラムシ類、 チャノキイロアザミウマ
青色	ミカンキイロアザミウマ、ミナミキイロアザミウマ、 ネギアザミウマ

4) 耕種的防除

(1) リビングマルチ・カバークロップの利用

カバークロップは緑肥作物などを作物の前作として栽培するが、リビングマルチは作物と同時に栽培するものである。畝間や通路などに背の低い緑肥作物を配置すると、土壌の流亡や雑草繁茂の防止や地表面の乾燥防止といった効果が期待できる。リビングマルチの病害虫への効果は、天敵に隠れ場を提供したり、そこで発生する虫が天敵の餌になったりするほか、地表面の温度の急激な上昇や乾燥を緩和する効果があるため、天敵が住みつきやすくなると共に、土のはね上げによる病害の抑制効果も期待される。ナスでは、畝と畝の間の通路に麦類を2条または全面に播種してリビングマルチを行うとチャノホコリダニの被害が減ることも分かっている(表VI-10)。

実施例としては、麦類とオクラ、ピーマン、ナス、

キュウリ(例えば、戸松 2011)などの事例があり、オクラでは慣行栽培でも普及している。果菜類の通路に播種する方法は、収穫時に使用する運搬車の移動に障害になる場合もあり、経営規模や栽培方法とのすり合わせが必要である。

(2) 天然マルチ資材の利用

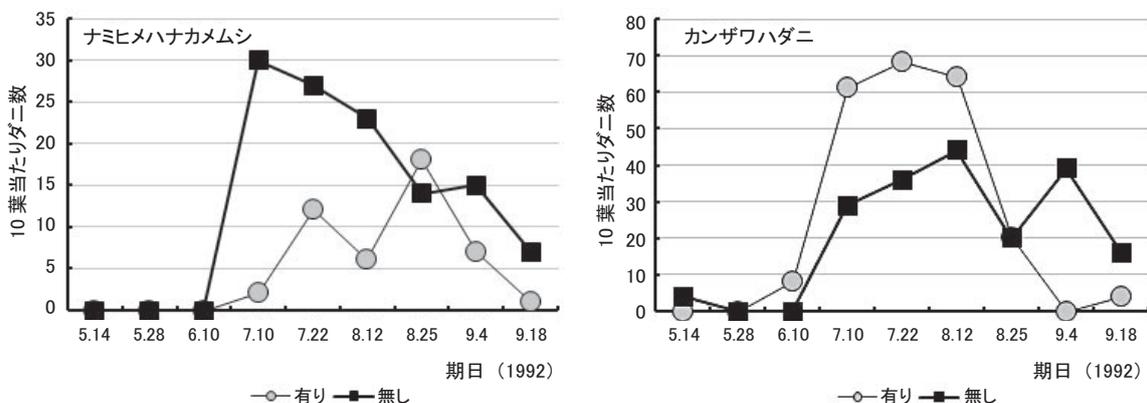
果菜類では定植時の地温を確保するために黒などのポリマルチが用いられる。ところが、夏場の高温期には地温や地表面の温度が上がり湿度は下がってしまうので、地上徘徊性の天敵であるクモやゴキブリなど、葉上徘徊性の天敵であるカブリダニやヒメハナカメムシなどが生息しにくくなり、ハダニ類やアザミウマ類害虫が増えやすくなる。有機栽培では、通常、ハダニ、アザミウマ、コナジラミ、ホコリダニなどの微小害虫は問題にならないが、マルチ資材や通路の幅などの条件によっては多発することがある。

図VI-5はナスのベット面への黒色ポリマルチの有無と、カンザワハダニやヒメハナカメムシの発生を比較したものである。カンザワハダニは黒色ポリマルチ設置区で多く、無設置区は設置区ほど多発はしていない。一方、捕食者であるヒメハナ

表VI-10 大麦リビングマルチの有無とチャノホコリダニ被害程度(根元1999)

リビングマルチ	チャノホコリダニ被害程度 (%)	カブリダニ個体数/トラップ (頭)*
有り	18	1
無し	65	0

*小池ら(2000)のカブリダニ捕獲トラップ



図VI-5 ナス栽培におけるポリマルチの有無とダニ及びヒメハナカメムシ個体群密度の推移(根本1995)



写真Ⅵ-2 ナスの敷きわらマルチ

カメムシの個体数の変化を見ると、ハダニの発生とは逆に、黒色ポリマルチ設置区で少なく、無設置区で多く推移していた。

さらに、定植時はポリマルチで地温を確保しておいて、目的をはたしたらマルチ資材を稲わら（写真Ⅵ-2）、刈り草、籾殻、落ち葉などに交換すると、カブリダニやヒメハナカメムシなどの天敵の増殖が確保でき、ハダニ、ホコリダニ、アブラムシ、ハスモンヨトウなどの害虫の被害を抑制できることが分かった（大森ら2007）。

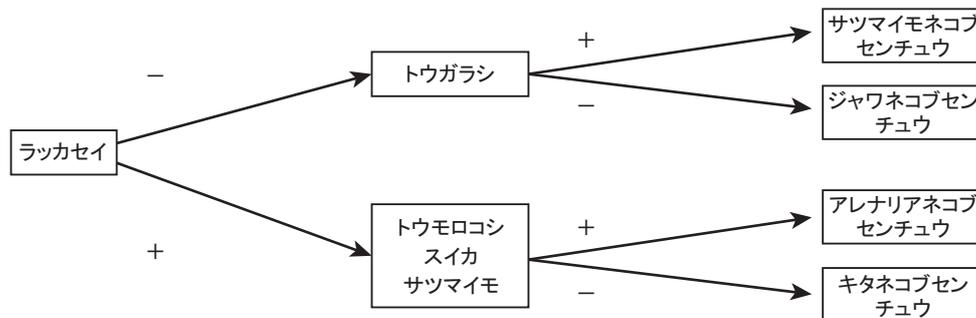
(3) 対抗植物の利用

対抗植物とは土壤中の有害センチュウを減らす効果のある植物のことをいう。多くは、家畜飼料や緑肥作物として用いられるものである。果菜類の連作障害の一つにネコブセンチュウの被害があり、中でもサツマイモネコブセンチュウ、キタネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ、アレナリアネコブセンチュウが問題になる。対策のためには、どのセンチュウの被害か確かめねばならないが、

作物への寄生の違いによりネコブセンチュウの種類を分けることが可能である（三枝1993）。ラッカセイに寄生せずトウガラシの根にコブを形成するのはサツマイモネコブセンチュウで、ラッカセイにもトウガラシにも寄生しないのはジャワネコブセンチュウである。ラッカセイに寄生しトウモロコシ、スイカ、サツマイモに寄生しないのはキタネコブセンチュウで、寄生するのはアレナリアネコブセンチュウである。

これら4種類のネコブセンチュウはほとんどの野菜類に寄生するが、前出のように一部には寄生しないので、これらを前作に栽培して密度を減らすことも可能である。サツマイモネコブセンチュウやジャワネコブセンチュウの場合は、ラッカセイやイチゴを、アレナリアネコブセンチュウの場合はサツマイモかイチゴを、キタネコブセンチュウの場合はスイカ、サツマイモやオクラを栽培してもそれぞれのネコブセンチュウの密度を減らすことが可能である。

表Ⅵ-11に示す対抗植物の多くはサツマイモネコブセンチュウ、キタネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ、アレナリアネコブセンチュウの4種類のネコブセンチュウに効果を示す。対抗植物はセンチュウの活動が盛んになる6～10月にかけて80～90日間栽培し、イネ科では雄花の出穂期に、マメ科やキク科の場合は開花期にすき込む。すき込み後は30～45日の腐熟期間を設ける（水久保2005）。ネコブセンチュウ対策の対抗植物は夏期に作付けしなければ効果が認められないので、果菜類の作付けと重なってしまう。



図Ⅵ-6 ネコブセンチュウの仕分け法（三枝1993から作成）

表VI-11 果菜類の対抗植物の種類と対象センチュウ（水久保 2005などを元に作成）

科名	植物名	サツマイモネコブセンチュウ	アレナリアネコブセンチュウ	キタネコブセンチュウ	ジャワネコブセンチュウ	主な商品名
キク科	フレンチマリーゴールド	○	○	○	○	セントール、プチイエローなど
	アフリカンマリーゴールド	○	○	○	○	アフリカントール
マメ科	クロタラリア	○	○	○	○	ネマコロリ、コブトリソウ
	クロタラリア	○	○	○	○	ネマキング、ネマクリーン
	ハブソウ			○		ハブエース
イネ科	ギニフグラス	○	○	○		ナツカゼ、ソイルクリーン、ナツコマキ
	ソルゴー	○	○	○	○	つち太郎、スダックス

○：効果あり、空欄：寄生せず・試験例なし

5) 天敵増殖植物の利用

天敵増殖植物はインセクタリアープランツともいい、天敵の餌となる蜜や花粉を生産したり、餌となる節足動物が生息するなどの特徴を持ち、天敵を誘引したり増殖する効果のある植物のことである。これを畑の周囲や内部に帯状または線状に配置して、害虫を減らすことを目的とする。欧米では天敵が花粉を求めて集まることから花の咲く植物がよく使われる。各種の害虫に対応した天敵の種類が豊かになると（表VI-12）、地上部を加害する害虫の防除は必要なくなることが多い。

ブロッコリーやキャベツに白クローバーを間作したり畑の周りに配置したりすると、ゴミムシやコモリグモなどの天敵の発生が多くなる。これによりアブラムシやヨトウムシの被害を軽減する方法が行われている。また、ナス畑の周囲にデントコーン（飼料用トウモロコシ）やソルゴーを配置すると、テントウムシ類、ヒメハナカメムシ類、クサカゲロウ類などの天敵が発生して、アブラムシ類やアザミウマ類などを捕食する。デントコーンやソルゴーは障壁作物としての効果もあり、アザミウマやハスモンヨトウなどの侵入抑制にもなるばかりでなく（前出）、ナスのすれ果の抑制や園外からの農薬のドリフトの

表VI-12 畑で働く天敵達（根元 2013を改変）

天敵の種類	主な攻撃の相手
テントウムシ	アブラムシ類、カイガラムシ類、ハダニ類
ヒメハナカメムシ	アブラムシ類、アザミウマ類、コナジラミ類、ハダニ類、ハモグリバエ類、ガ類卵
ガブリダニ	アザミウマ類、ハダニ類
クサカゲロウ	アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類、ガ類卵
ヒラタアブ	アブラムシ類
ハネカクシ	ハダニ、アブラムシ、ガ類幼虫
シヨクガタマバエ	アブラムシ類、ハダニ類
クモ	ガ類幼虫
カマキリ	ガ類幼虫
ゴミムシ	アブラムシ類、ガ類幼虫
アブラバチ	アブラムシ類
ヒメバチ	ガ類幼虫
コマユバチ	ガ類幼虫
昆虫疫病菌	ガ類幼虫、アブラムシ類、バッタ類、ハエ類
緑きょう病菌	ヨトウムシ類、ウワバ類



写真VI-3 ナス畑周囲を額縁状に囲うデントコーン (2007)

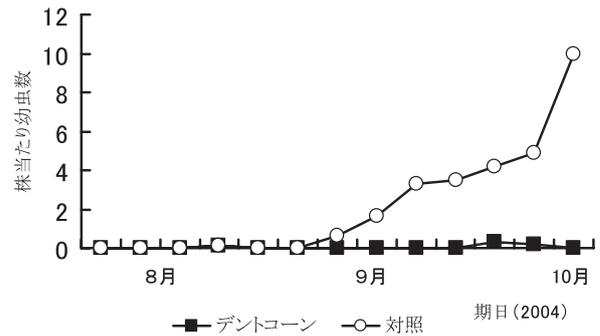
軽減効果も期待できる (写真VI-3、図VI-7)。デントコーンやソルゴーなどの天敵増殖植物の利用は、ナスばかりでなく、ピーマン、トマト、キュウリ栽培でも応用が可能と思われる。デメリットとしては、ソルゴーでは鳥獣の隠れ場所やスズメバチの巣営場所になりやすいことがあり、注意が必要である。

6) 生物的防除

(1) 生物的防除資材の法律上の取扱

農薬取締法第一条の二で農薬が規定され、その2において「前項の防除のために利用される天敵は、この法律の適用については、これを農薬とみなす。」としている。このため、病害虫防除等のために使用する薬剤及び天敵は農薬と規定され、有機栽培で使用する場合でも、製造、販売または使用する場合には農薬取締法の規定に従わなければならない。ここで、害虫の天敵は、捕食者 (predator)、捕食寄生者 (parasite)、病原微生物 (pathogen) と定義されている (上野 2009, 矢野 2003, 村上 1982)。生物的防除に使用する防除資材は、地域で採集された天敵 (特定農薬とされ、登録は免除されている。) を除き、農薬として登録されたものでなければならない。

生物的防除は寄生性または捕食性天敵、病原微生物天敵を用いた防除と定義されている (桐谷・中筋 1973)。生物的防除に使用する登録農薬を「生物農薬」と呼んでいて、(独)農林水産消費安全技術センターは「生物農薬」を「農作物に有



図VI-7 ナス栽培でのデントコーンの額縁配置とハスモンヨトウ幼虫個体数の推移 (根本 (2007) のデータから作成)

害な病害虫や雑草を防除するため、微生物や天敵昆虫等を生きた状態で農薬のように利用するもの」と定義している。性フェロモンや抗生物質のように、生物が産生する物質などを利用する農薬もあるが、これらは「生きた状態」では利用しないので、生物由来の防除剤として生物農薬としては扱っていない ((独)農林水産消費安全技術センター 2009)。

生物農薬は、利用する生物により「天敵農薬」と「微生物農薬」に大きく分けることができ、それぞれに利用される生物群は表VI-13のようになる。「微生物農薬」には、作物の病害防除を目的とする「拮抗微生物」と害虫の防除を目的とする「天敵微生物」、除草を目的とした「微生物除草剤」(雑草に寄生する寄主範囲の狭い植物病原微生物)が含まれる。一方、有機農産物の日本農林規格 (有機JAS規格) 第4条の生物的防除に例示されている「有害動植物が忌避する植物若しくは有害動植物の発生を抑制する効果を有する植物」は、作物栽培による方法で、耕種的防除に含まれるので、こちらは農薬取締法の規制を受けない。

有機JAS規格第4条の「ほ場又は栽培場にお

表VI-13 生物農薬の分類 (農林水産消費安全技術センター 2009)

天敵農薬	寄生性昆虫、捕食性昆虫などで捕食性のダニ等も含む
微生物農薬	微生物 (ウイルス、細菌、糸状菌など)、線虫 (共生細菌などの微生物を活性成分とするものに限る) 等

ける有害動植物の防除」では、耕種的防除（カッコ内省略）、物理的防除（略）、生物的防除（略）を適切に組み合わせた方法のみより有害動植物の防除を行うとしていて、「農産物に重大な損害が生ずる危険が急迫している場合」にかぎり「別表2」の資材を使うことができるとしている。そのため、「別表2」に掲載されている資材といえどもかなり危機的な状況で無ければ使用できない。一方、「天敵」や「拮抗微生物」はJAS規格第4条で「生物防除」と定義されていて、かつ、「天敵製剤」や「拮抗微生物製剤」は防除資材として農薬登録されているため、「別表2」の使用上の制約に先立って利用できる。この場合、農薬取締法上の使用基準（薬剤のラベルに記載等）に従わなければならない。

(2) 生物的防除資材の利用法

①天敵の利用

使用できるのは天敵製剤と地域で採集した土着天敵である。果菜類で使用できる天敵製剤は何れも施設栽培に限定されているので次項の施設栽培の項で取り上げる。

地域で採集された土着天敵は特定農薬として施設に限定されず露地栽培でも使用できる。育苗中のハウスまたは露地での定植時に設置した被覆資材のトンネル内に放飼している例がある。育苗ハウス内部に寒冷紗を展張して、その内側両サイドにコムギまたはオオムギを1条ずつ栽培、コムギまたはオオムギの草丈が3～4cmになった頃にムギクビレアブラムシを放飼する。ムギクビレアブラムシが増えた頃に野外で集めたナナホシテントウやナミテントウ成虫を育苗ハウス内に放飼する。なお、発生させるムギクビレアブラムシは、「アブラムシがついた「バンカープラント用コムギ苗（商品名：アフィバンク）」が市販されているので、これを使うと便利である。ムギクビレアブラムシを食べて増えたテントウムシ幼虫が防虫ネット上で蛹となり、この蛹のついた防虫ネットを露地ナス定植苗のトンネル被覆資材として用いると、定植した苗についてのアブラムシを、羽化したテントウムシが捕食してくれる。テントウムシを野外で集めることが難しい場

合は、育苗施設での利用に限定されるが、市販品の天敵農薬を購入して使用することも可能である。

②微生物の利用

現在、果菜類で登録のある微生物は微生物殺菌剤（拮抗微生物）と微生物殺虫剤（天敵微生物）で、それぞれ細菌、糸状菌、ウイルス製剤を含む。微生物が産生した抗生物質、殺虫活性物質などは「生きた状態」では利用しないので、生物農薬には該当しない。

i. 拮抗微生物の利用

広義の生物防除は、①発病抑止土壌、②発病衰退現象、③土壌静菌作用を利用した防除技術であるが、こちらは具体的な手法はなく、堆肥の使用技術や緑肥作物の栽培技術、作物の作付方式などで個々に対応されている。一方、植物病原菌に対し寄生、捕食、抗生、競合、交差防除、抵抗性誘導、弱毒因子、共生などのメカニズムが知られている種々の微生物があり、これは広義の生物防除に対し狭義の生物防除と言われる（松田 1977）、日本JAS規格 第4条で生物的防除に該当する微生物殺菌剤が、多数農薬登録されている（表VI-14）。拮抗微生物は多くの場合治療効果はなく、病菌の定着前に善玉菌を定着させておかないと予防の効果がないので、使用時期（病害の発病前～発病初期など）に留意する。

ii. 天敵微生物の利用

現在のところ、我が国で微生物殺虫剤の原体となっている天敵微生物（昆虫病原微生物）には、細菌、糸状菌、ウイルス、天敵線虫がある（表VI-15）。

細菌では、*Bacillus thuringiensis*は桿菌の一種で、この菌の持つ毒素が主な活性成分になっている。そして、寄主である昆虫の体内では芽胞になりやすく、毒素も生産しないので、BT菌は再感染が起こりにくい（渡部 1988）。*Pasteuria penetrance*は出芽細菌の一種で、線虫抑止土壌から発見された。この菌は、複数年に渡って処理して効果を示すタイプのものであるが、サツマイモネコブセンチュウに高い付着率を示す系統が選抜されたた

表VI-14 果菜類で使用できる微生物殺菌剤

区分	微生物種名	微生物の種類	農薬種類名	対象病害	備考
微生物殺菌剤	<i>Bacillus subtilis</i>	細菌	バチルス ズブチルス水和剤	灰色かび病、うどんこ病	野菜類で登録、発病前～発病初期
			バチルス ズブチルス水和剤(QST713)	灰色かび病、うどんこ病	野菜類で登録、発病前～発病初期
			バチルス ズブチルス水和剤(Y1336)	灰色かび病、うどんこ病	野菜類等で登録、発病前～発病初期
			バチルス ズブチルス水和剤(MB1600)	灰色かび病	野菜類で登録、発病前～発病初期
			バチルス ズブチルス水和剤D747(顆粒)	灰色かび病	野菜類で登録、発病前～発病初期
	<i>Erwinia carotovora</i>	細菌	非病原性エルビニア カロトボーラ水和剤(OGE 324M403)(顆粒)	軟腐病	野菜類で登録、発病前～発病初期
	<i>Pseudomonas</i> spp.	細菌	シュードモナス ロデシア水和剤(HAI-0804株)	軟腐病	野菜類で登録、発病前～発病初期
	<i>Talaromyces flavus</i>	糸状菌	タラロマイセス フラバス水和剤(SAY-Y-94-01)(フロアブル)	うどんこ病	野菜類で登録、発病前～発病初期
<i>Zucchini mosaic virus</i> 弱毒株	ウイルス	ズッキーニ黄斑モザイクウイルス弱毒株水和剤	ズッキーニ黄斑モザイクウイルスの感染によるモザイク症及び萎凋病	キュウリ対策、穂木の子葉完全展開期又は接木苗の第1本葉の完全展開期	

表VI-15 果菜類で使用できる微生物殺虫剤

区分	微生物種名	微生物の種類	農薬種類名	対象害虫	備考
微生物殺虫剤	<i>Bacillus thuringiensis</i>	細菌	BT水和剤10、BT水和剤10(フロアブル)、BT水和剤(顆粒)	オオタバコガ、ウリノメイガ、ハスモンヨトウ、コナガ他	野菜類で登録、発病初期、結晶毒素のみの剤*は除く
	<i>Beauveria bassiana</i>	糸状菌	ボーベリア バッシアーナ乳剤(GHA株)	アザミウマ類、アブラムシ類、コナジラミ類、コナガ	野菜類で登録、発病初期
			ボーベリア バッシアーナ水和剤(GHA株)	アザミウマ類、コナジラミ類	野菜類(施設)で登録、発病初期
	<i>Pasteuria penetrance</i>	細菌	パスツーリア ベネトランス水和剤(顆粒)	ネコブセンチュウ	野菜類で登録、定植前に土壌表面に散布し混和する
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	糸状菌	ペキロマイセス フモソロセウス水和剤	ワタアブラムシ、コナジラミ類	野菜類(施設)で登録、発病初期
	<i>Paecilomyces tenuipes</i>		ペキロマイセス テヌイペス乳剤(T1株)	アブラムシ類、コナジラミ類	野菜類(施設)で登録、発病初期
	<i>SINPV</i>	ウイルス	ハスモンヨトウ核多核対病ウイルス水和剤(Fu-1株)	ハスモンヨトウ	イチゴ対象、発生初期
	<i>Steinmema carpocapsae</i>	線虫	スタイナーネマ カーボカプサエ剤(オール株)**	ハスモンヨトウ	野菜類で登録、老齢幼虫発生期
	<i>Steinmema glaseri</i>	線虫	スタイナーネマ グラセライ剤**	ネキリムシ類	野菜類で登録、発病初期
	<i>Lecanicillium lecani</i> (<i>Verticillium lecani</i>)	糸状菌	バーティシリウム レカニ水和剤(マイコタール)	コナジラミ類	野菜類(施設)で登録

* 毒素のみの製剤は「生きた状態」ではないので除外する。

** 内部共生細菌による死亡

めか(岡田 1998)、効果はこちらに偏るようである。*Steinmema carpocapsae* と *Steinmema glaseri* は昆虫寄生性の線虫で、線虫と共生する殺虫活性を有する共生細菌が効果を示すもので(吉賀 2009)、微生物殺虫剤として取り扱われる。

糸状菌では何れも不完全菌に属するものが登録されている。不完全菌は有性世代の見つかっていない高等菌類を、一括して便宜上一群としたもので、有性世代が見つかりと子嚢菌類や担子菌類などに帰属される。*Beauveria bassiana* は、かつて白きょう病や黄きょう病と呼ばれたカイコの病害で

あり、宿主域が広く500種近くの昆虫の病原菌である。風などにより昆虫の表皮に付着した菌の胞子が発芽し、その菌糸が機械的圧力と酵素による分解により昆虫のクチクラを貫通する。血体腔中に侵入した菌糸は短菌糸となり体内に充満する。この菌はボウベリシンなどの毒素も持つが、BT菌のように強いものではない。このほか、*Beauveria bassiana* とは違い宿主域が狭い *Paecilomyces fumosoroseus*、*Paecilomyces tenuipes* や *Lecanicillium lecani* (*Verticillium lecani*として農薬登録：*Lecanicillium* が創設されこの中に位置づけられた) が登録され

ている。

ウイルスでは、イチゴのハスモンヨトウを対象に、ハスモンヨトウ核多核体病ウイルス(SINPIV)がある。このウイルスは、多核体というタンパク質からできた結晶の中に、ウイルス粒子が存在していて、この粒子の中にある限り比較的安定している。このウイルスは昆虫の生きた細胞でしか増えることのできないもので、宿主域は非常に狭い。

4. 施設栽培での病虫害抑制対策

施設栽培では露地栽培とは異なる病虫害管理が必要となる。また、パイプハウス以外の加温タイプの施設栽培では露地のように輪作することは難しく、土壌病虫害が蓄積しやすい。その上、施設栽培では人為的に放飼しない限り天敵などの害虫を抑制する要因が少なく、特殊な環境になる。そのため、施設は外部から病虫害が侵入しづらい密閉型にすることが望ましい。①開口部に網目の細かい防虫ネットを展張するなど病虫害が侵入しにくいこと、②内部の天敵や受粉昆虫が活動しやすい温度の確保と温度管理のためのファン(循環扇)の設置のほか、表VI-16に示す病虫害管理のシステムが必要となる。

表VI-16 施設を利用した有機栽培における病虫害の管理戦略(根本1995を改変)

- | |
|------------------------|
| (1) 病虫害のついていない健全苗の供給 |
| (2) ほ場衛生管理(Hygiene)の徹底 |
| (3) 病虫害が入りにくい温室の構造 |
| (4) 病虫害に対する抵抗品種の利用 |
| (5) 行動制御による害虫防除 |
| (6) 天敵の利用 |
| ①微生物農薬及び天敵農薬の利用 |
| ②圃場増殖法 |

1) 病虫害のついていない健全苗の供給

有機栽培を行う施設栽培では天敵の導入を行わない場合、露地の有機栽培のような病虫害の対抗生物がないため、一度発生するとその被害は甚大となる場合がある。まずは、施設に持ち込む苗には病虫害がついていないものを用いる。病虫害

の施設内への持ち込みは、育苗中の発生、苗の輸送時や搬入時の付着、ハウスへの人の出入りによる場合などがあり、昆虫伝搬性のウイルス病対策では特に気をつけたい。

2) 衛生学(Hygiene)に基づく圃場管理の徹底

アザミウマ、コナジラミやアブラムシなど多くの施設害虫は、収穫が終わってから次作を始める前までの冬期や休止期に施設内外に生える雑草や野良生え苗等で過ごし、次作が始まると施設に戻ってくるサイクルをくり返すことが多い。そこで、施設の内外の地表面に防草シートやマルチフィルムを展張して雑草を管理し、施設内にアザミウマ、コナジラミやアブラムシなどが雑草等に生息するのを防ぐようにする。人の足裏(靴裏)に付着して侵入する病原菌対策として、見学者など外部からの人の出入りを制限することも有効である。

3) 病虫害が入りにくい施設の構造

出入口や窓などから自由に病虫害が侵入し易い構造の施設では、病虫害の侵入の機会が多く、病虫害の防除は困難になる。そこで、窓は天窓のみにしたり、天窓への防虫ネットの展張、出入口を二重扉または二重カーテン等にするなどして害虫の侵入の機会を減らすことも有効である。また、トマト栽培ではトマト黄化葉巻病対策のため、開口部に0.3mm以下の防虫ネットを展張するなど、タバココナジラミの侵入防止策は必須である。

4) 病虫害に対する抵抗性品種の利用

有機栽培では化学合成農薬は使用できないので、病虫害抵抗性品種の利用は特に重要である。施設には病虫害の発生を抑制する対抗生物が無いか少ないのでこれらを抑える手段として、センチュウや病害に対する抵抗性品種や抵抗性台木を用いることは重要である。

5) 行動制御による害虫防除

光などを利用する方法で、飛ぶ害虫に特異的

に効果を示す性質を利用するものである（「JAS規格第4条の物理的防除」に該当）。

①光反射資材の利用

コナジラミ類、アザミウマ類、アブラムシ類の侵入防止に光り反射シート（ネオポリシャイン、マルチミラー）を施設外部に沿った周囲にマルチ張りしたり、または不織布反射シート（タイベック）を側窓部に設置する。これらは、昼間飛翔する昆虫は光を背中に浴びて飛翔するが（背地性）、光を下から浴びると飛べなくなる性質を利用した侵入阻止方法である。

②黄色高圧ナトリウムランプ等の利用

ハスモンヨトウやオオタバコガなどのヤガ類の侵入対策では、黄色高圧ナトリウムランプなどが用いられている。1000m²程度以上の軒高の高い施設では、内部四隅の高さ5mの位置にそれぞれ1灯ずつランプを設置して、ランプ点灯時の空間照度を1ルクス以上にする。軒高の低い慣行施設の場合は、施設の長軸方向両端の延長上に高さ5mのポールを1本ずつ立て、両端から施設を照らすようにする。ランプの点灯は日没前から日の出までとする。

③有色粘着テープの利用

内部に侵入してしまった害虫に対しては、コナジラミ類やアブラムシ類対策に黄色粘着テープ、アザミウマ類対策に青色粘着テープを設置する。有色粘着テープを施設の側窓部内側、天窓部下の苗上部、天井谷間下などに設置するが、苗上部や天井谷間下の柱に設置した場合は、苗の生長に合わせて、適宜上方にずらす。有色粘着版はモニタリングが主で、黄色や青色の有色粘着板は適宜各所に設置し発生地点の早期発見に利用する。これらは、防除資材としての利用も可能であるが、使用数はモニタリングよりもはるかに多くしなければならない。

6) 天敵の利用

①天敵製剤の利用

施設栽培では天敵製剤が使用可能である。この場合、天敵の持つ生物的な性質から幾つかの

制約がある。①温湿度が使用する天敵製剤に不都合でないこと、②「別表1」及び「別表2」の資材であっても、天敵製剤に悪影響のある資材及び防除剤は使用しないか、影響期間を避けて使用するなど、影響のないような使い方をする。例えば、硫黄燻蒸はカブリダニへの影響があり、3時間以上連続して使用しない。③天敵の放飼時期や放飼位置、放飼地点数など（表VI-17）を熟知する必要がある。また、天敵は求めても直ぐに手に入るとは限らないので、使用の予定が決まったら早めに業者に連絡して、製造や出荷の状況を問い合わせることも忘れてはならない。さらに、天敵農薬は生きた生物なので死滅させないように注意する。例えば、配送された天敵を日向に放置したり、冷蔵庫に数日間保存したままにしておき死滅させた事故例がある。

②圃場増殖法

圃場増殖法（open rearing）は天敵とその餌となる貯穀害虫等が入った紙袋、あるいはバンカー植物等を圃場内に設置し、圃場で天敵を増やす手法である。ヨーロッパでアブラムシ防除のために開発された技術で、アブラムシは小さく発見が難しいため、被害が出てから天敵を処理したのでは遅く間に合わないで、害虫が定着するか定着前に天敵を定着させておく方法が開発されている。

●バンカー植物（バンカープランツ）法

ムギなど天敵の餌となる昆虫が増殖する植物を施設内で栽培し、ここに餌となる昆虫を放飼し、その昆虫が増えた時に天敵を放飼する方法である。ムギではムギクビレアブラムシなど果菜類に寄生しないアブラムシが繁殖するが、これを餌にアブラバチを接種する方法が開発されている。施設内にコムギまたはオオムギを1条ずつ栽培し、ムギの草丈が3～4cmになった頃にムギクビレアブラムシを放飼し、さらに、ムギクビレアブラムシが増えた頃にコレマンアブラバチ製剤をバンカー植物近くに設置する。このためのムギとアブラムシは、アブラムシがついた「バンカープラント用コムギ苗（商品名：アフィバンク）」として市販されている。

表VI-17 施設栽培野菜害虫防除における生物的防除資材投入の標準モデル*

標準害虫	天敵	処理虫の 発育段階	戦 略****	処理時期 (害虫発生の)	処理頻度	10a当たり処理量	10a当たり 放飼地点数	備 考
ハダニ類	チリカブリダニ	成虫、若虫	治療的	直後	1~3回	2,000~6,000頭	400	
	ミヤコカブリダニ	成虫、若虫	治療的	直後	1~3回	2,000~6,000頭	400	
コナジラミ類	オンシツツヤコバチ	マミー	予防的	直前	2週毎	1,500頭	30	寄生及び寄生 体液摂取
			治療的	直後	1週間間隔 4~12回	3,000頭	1カード/25~ 30株(2頭/株)	
	サバクツヤコバチ	マミー	治療的	初期	1~数回	3,000頭	1カード/25~ 30株(2頭/株)	寄生及び寄生 体液摂取
	<i>Lecanicillium lecani</i> (<i>Verticillium lecani</i>)	胞子	治療的	初期	2~3回	100~300% (1000倍)	—	農薬の利用
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	胞子	治療的	初期	2~3回	100~300% (1000倍)	—	農薬の利用
	<i>Paecilomyces tenuipes</i>	胞子	治療的	初期	1週間間隔 3回以上	500~1000倍	—	農薬の利用
ハモグリバエ類	ハモグリコマユバチ	成虫	治療的 圃場増殖法****	直後	2~4回	500頭	2	
	イサエアヒメコバチ	成虫	治療的	直後	2~4回	100頭	スポット法	寄生及び寄生 体液摂取
アザミウマ類	ククメリスカブリムシ	全ステージ	圃場増殖法	前	1~2回	100,000頭	400	花粉食
	ヒメハナカメムシ類	5齢幼虫、成虫	治療的	直前	1回	1,000頭	10	花粉食
	アリガタシマアザウマ	成虫、卵	治療的	初期	1週間間隔 3~4回	4,000頭		広食性
	<i>Verticillium lecani</i> **	胞子	治療的	初期	2~3回	100~300% (1000倍)	—	農薬の利用
アブラムシ類	コレマンブラバチ	マミー	予防直 (圃場増殖法)	直前	毎週 バンカー 植物設置	100頭	2.5	モモアカアブ ラムシとフタア デラムシ中心
			治療的	直後	2週間間隔 3回	500頭		
	ショクガタマバエ***	まゆ	治療的 (圃場増殖法)	発生時	4週毎	1,000頭	スポット法	農薬の利用
	ヤマトクサカゲロウ	幼虫	治療的	発生時	—	20,000頭	スポット法	農薬の利用
	<i>Paecilomyces tenuipes</i>	胞子	治療的	初期	1週間間隔 3回	500倍	—	農薬の利用
ヤガ類	BT剤	芽胞及び毒素	治療的	初期	—	—	—	農薬の利用

* Pamakers & Rabasse (1995) 及び根本 (2003)、各社カタログを元に作成

** *Lecanicillium lecani* (*Verticillium lecani* で登録)

*** 販売中止?

**** ほ場増殖法 (open rearing) : 本文参照

● 餌付き製剤

簡易な増殖容器に天敵が入った製品で、予め天敵の餌となるダニとフスマなどが入った袋状のパックの形で販売されている。ハダニ類の捕食者ミヤコカブリダニやアザミウマ類やコナジラミ類の捕食者スワルスキーカブリダニで販売されている。これらのカブリダニは広食性で対象のハダニやアザミウマ以外の節足動物も餌にできるので、対象の害虫の発生前~発生の極初期に設置して、当該害虫の発生を予防するものである。この方法の利点は、対象害虫発生の極初期から放飼できるため

効果が安定することである。

● 天敵利用と施設内温度

天敵類は生きた生物であるので、活動温度や湿度が天敵にとって可能な範囲でなければならない(表VI-18)。カブリダニの多くは湿度がある閾値から下がると産卵率が大幅に下がる傾向があるので、カブリダニを使用する時には湿度が下がりすぎないように注意しなければならない。温度を維持するために多くの燃料が使用されるのも問題であるが、有機栽培で天敵を使いこなしている生産者は施設の内張りを2~3重にして、燃料消費

表VI-18 天敵農薬の最適活動温度

天敵和名	対象害虫	活動可能温度(°C)	最適温度(°C)	発育零点(°C) (O:産卵限界温度、 F:飛翔限界温度)	活動可能湿度(%) (最適湿度)
スワルスキーカブリダニ	アザミウマ類、コナジラミ類、チャノホコリダニ	15~35	28		60<
スワルスキーカブリダニ	アザミウマ類、コナジラミ類、チャノホコリダニ	15~35	28		60<
チリカブリダニ	ハダニ類	12~30	20~25	(O:10~12)	50<(60<)
ミヤコカブリダニ	ハダニ類	12~35	25~32		60<
ミヤコカブリダニ (50頭/パック)	ハダニ類	12~35			60<
ククメリスカブリダニ	アザミウマ類	12~35	15~30		60<
タイリクヒメハナカメムシ	アザミウマ類	11~35	25~30	卵1.4、雌幼虫11.0、 雄幼虫11.4	65~75
アリガタシマアザミウマ	アザミウマ類	20~30	22.5~25	13	
ナミテントウ	アブラムシ類				
ヤマトクサカゲロウ	アブラムシ類	15~35	24~26		70~90
シヨクガタマバエ*	アブラムシ類	15~30	20~27		75~85(75)
オンシツツヤコバチ	コナジラミ類	15~30	25	7(O:11、F:17)	75前後
サバクツヤコバチ	コナジラミ類	17~33	20~30		
コレマンアブラムシ	アブラムシ類	5~30	15~25	5	55~65
イサエアヒメコバチ	ハモグリバエ類	15~30	20~25	—	—
ハモグリミドリヒメコバチ	ハモグリバエ類	20~27	25	(O:10~12)	50<(75)

* 製剤により幅があるのでラベルに従う。

を少なくするなどの工夫を行っている。

一方、高温も問題で、初夏の施設では30°Cを超える温度となることも希ではなく、天敵の中にはこれに耐えられないものも多い。もともと、施設での天敵利用はオランダなど北西ヨーロッパが中心であったが、最近伸びてきているスペイン等ではスワルスキーカブリダニなど高温に耐えられる種類の天敵が使われている。トマトなど、あまりうまく行っていない作物では、新たな天敵の出現を待つ必要があるかも知れない。

5. 有機JAS規格「別表2」で果菜類に使用が許容されている農薬

有機栽培における防除対策は、耕種的防除、物理的防除、生物的防除、あるいはこれらを適切に組み合わせた方法により病害虫の防除を行うことが求められている。そして、これらを用いても有効な対策が立たない場合にのみ、有機JAS規格「別表2」の農薬を、やむを得ず使用することが許

容されている。

生物的防除で使用される天敵も農薬とされ、かつ、生物的防除剤（天敵等生物農薬）と有機JAS規格「別表2」との関係等が一見不明確なことから、一部認証機関では対応がまちまちである。また、農業現場においては具体的にどのような農薬が生物的防除剤なのか、生物的防除以外のものも含めJAS規格「別表2」の農薬がどのような作物について使用できるのかなどについて悩むことも多い。「有機JAS規格」や「有機農産物及び有機加工食品のJAS規格のQ&A」を読むと理解できるものの、具体的に一つ一つ調査するのは難しいのが現実である。

そこで、今回の「有機栽培の手引（果菜類編）」では、対象とした果菜類の有機栽培で利用可能な農薬を、病害と害虫対策に分け、さらに、それぞれを生物的防除剤（天敵等生物農薬）とそれ以外に分けて一覧表の形で掲示した。この表には、実際に登録はあるものの製造または販売が一時的

または継続的に中止されているものも含んでいるので留意されたい。

なお、「有機JAS規格「別表2」でやむを得ず使用することが許容されている農薬については、「農産物に重大な損害が生じる危険が急迫している場合」のみに使用が認められている。ここで、「農産物に重大な損害が生じる危険が急迫している場合」とは、「近接したほ場等又は当該ほ場内で有害動植物が発生しており、又はこれまでの経験から発生が相当の確度で予測され、これを放置しておくると当該農産物に多大な被害が予測される場合をいう。」(有機JAS Q&A 問12-6)とあり、施設栽培での病害虫の発生や土壌病害の発生、毎年自分の畑で同じ被害に遭うような場合など、生物農薬等での対応が困難な場合は使用できると考えられる。例えば、ナス科野菜の有機栽培圃場

の地域にオオタバコガの発生源が有り、毎年同じ被害を受ける場合は、何も対策を行わないと当該農産物に多大な被害が予測されるので、有機JAS規格での許容農薬(別表2)の中からスピノサド水和剤を選択使用するなどの方法も考えられる。

有機JAS規格「別表2」の農薬を使用するに当たっては、農薬取締法に準拠した使用が求められ、各農薬のラベルに記載されている事項に従って使用することや、使用に際しては予め有機認証機関と相談の上で使用することは言うまでもない。

別掲した一覧表は、平成26年3月20日時点で農薬に登録されているものを示したが、その後、失効したり、新たに登録されるものも随時あるので、有機JAS規格での許容農薬を探索する際に便利のように、以下に有機JAS適合農薬の調べ方(根本2013)を改変)を示した。

「有機JAS規格『別表2』で果菜類に使用が許容されている農薬」 及び生物的防除剤(天敵等生物農薬)の調べ方

- 1 まず、独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)のホームページで、利用方法を良く読み、内容について同意する場合は、「上記内容に同意される場合には、以下をクリックしてください。」で「同意する」をクリックする。
「天敵等生物農薬」の種類名を用いて検索すると商品名、対象作物名、対象病害虫名などを知ることができる。
http://www.acis.famic.go.jp/index_kensaku.htm
登録のある農薬か否かを検索する。これに該当したら → 2へ
- 2 次に、この種類の農薬が有機農産物の日本農林規格(JAS規格)の別表2にあるかどうかを調べる。
http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/youki.html
→ 3へ
- 3 2のURLの「有機JAS規格・告示等」の欄を見ると、直ぐ下に、「有機JAS規格」という項目が出ている。そこの一番上に「有機農産物のJAS規格」のPDFがある。 → 4へ
- 4 このPDFを開き別表2を見る。
該当すれば、薬剤が含まれる農薬の種類名が別表2に載っている。
(別表2の農薬の種類名から検索する場合は、1と2~4の順番を変えてみる)
生物的防除剤(天敵等生物農薬)を調べる場合は → 5へ
- 5 「有機JAS規格・告示等」に戻り、下へ行くと「有機JAS規格のQ&A・ハンドブック」という項目があり、この覧の一番上に、「有機農産物及び有機加工食品のJAS規格のQ&A」のPDFがある。 → 6へ
- 6 下に行き、問16-2に「有機農産物の日本農林規格(JAS規格)の別表2の内容の記載がある。この例示の中に該当する薬剤があれば有機JAS適合農薬で、かつ、生物的防除剤(天敵等生物農薬)である。

有機JAS規格「別表2」で果菜類に使用が許容されている農薬一覧

(一財)日本土壌協会 (2014年3月20日現在)

1) 殺菌剤

(1) 生物的防除剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数 使用量*	使用液量 (10a当たり) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第 4条(生物農 薬の区分)
野菜類	うどんこ病	インプレッション 水和剤	500	-	発病前～ 発病初期まで	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	生物的防除 「微生物 農薬」
			500～1000						
		セレナーデ水和剤	500						
			500～1000						
		タフパール	2000～4000	150～300					
	灰色かび病	ポトキラー水和剤	1000	15g/10a/日					
			1000						
		エコショット	1000～2000	100～300					
			500	-					
		セレナーデ水和剤	500～1000						
			インプレッション 水和剤	500					
		500～1000							
		ポトピカ水和剤	2000～4000	100～300					
			1000	150～300					
		ポトキラー水和剤		10～15g/10a /日					
			300g/10a*	6～10					
		軟腐病	エコメイト	500～2000	150～300	発病前～ 発病初期まで	-	-	
	バイオキーパー 水和剤								
マスタピース水和剤	1000～2000								
野菜類 (トマト、ミニトマト を除く)	うどんこ病	パテスター水和剤	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								バイオワーク 水和剤	
野菜類 (トマト、ミニトマト ピーマンを 除く)	灰色かび病	パテスター水和剤	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								パテスター水和剤	
なす	うどんこ病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000～2000	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								アグロケア水和剤	
なす	灰色かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	2000	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								アグロケア水和剤	
ピーマン	うどんこ病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000～2000	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								アグロケア水和剤	
トマト ミニトマト	うどんこ病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000～2000	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								アグロケア水和剤	
	灰色かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									アグロケア水和剤
	葉かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									アグロケア水和剤
	葉かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									アグロケア水和剤
	葉かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									アグロケア水和剤
	葉かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									アグロケア水和剤
葉かび病	アグロケア水和剤	1000～2000	1000	100～300	-	-	バチルス ズブチリス水和剤		
								アグロケア水和剤	
ミニトマト	斑点病	アグロケア水和剤	2000	1000～2000	発病前～ 発病初期まで	1	散布	バチルス ズブチリス水和剤	
ししとう	黒枯病	インプレッション 水和剤	500	-	発病前～ 発病初期まで	-	-	バチルス ズブチリス水和剤	
									セレナーデ水和剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL)	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第4条(生物農薬の区分)
かぼちゃ	うどんこ病	セレナーデ水和剤	16	3.2	発病前～ 発病初期まで	-	無人ヘリコプターによる散布	パテルス ズブテリス水和剤	生物的防除 「微生物農薬」
いちご		インプレッション水和剤	2000	-			100～300		
		セレナーデ水和剤 ポトピカ水和剤	2000～4000	150～300	育苗期～ 収穫前日まで				
		炭疽病	タフパール					タラロマイセス フラバス水和剤	

- 注1：作物名の表示は、「農薬の登録申請に係る試験成績について」（平成12年11月24日付12農産第8147号農林水産省農産園芸局長通知）の運用について（平成13年10月10日付け13生産第3986号農林水産省生産局生産資材課長通知）の別表1（1-1及び1-2）によった（他表についても同じ）。
- 注2：表中の－は使用に当たって特に制限が設けられていないことを示す（他表についても同じ）。
- 注3：表中のブランクは、使用に当たって特に指示されていないことを示す（他表についても同じ）。
- 注4：各農薬のラベルに記載されている事項に従って使用する（他表についても同じ）。
- 注5：使用に際しては、予め認証機関と相談の上使用する（他表についても同じ）。

(2) その他の防除剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第4条(生物農薬の区分)				
野菜類	うどんこ病	硫黄粉剤50		3kg/10a	-	-	散布	硫黄粉剤	「別表2 該当」				
		クムラス	500～1000					水和硫黄剤					
		ハーモメイト水溶剤	800～1000	150～300				収獲前日まで		-	-	炭酸水素 ナトリウム水溶剤	
		あめんこ ベニカマイルド スプレー	原液									還元澱粉糖化物液剤	
		クリーンカップ	1000～2000	100～300				-		-	-	銅・パテルス ズブテリス水和剤	
		ケミヘル	1000									炭酸水素 ナトリウム水溶剤	
	灰色かび病	クリーンカップ	800	150～300	-	-	-	銅水和剤					
	さび病	ハーモメイト 水溶剤	800	150～300				-		-	-	-	
		べと病	ドイツボルドーA	500～1000									100～300
			Zボルドー	500									
	軟腐病	ボルドー	500～1000					-		-	-	-	
		Zボルドー	500										
		ICボルドー66D	100										
		ドイツボルドーA	500～1000										
		ボルドー											
		コサイドボルドー コサイドDF	1000										
	斑点細菌病	コサイド3000	2000	100～300				-		-	-	-	
		コサイドボルドー	1000										
		Zボルドー	500	100～300									
	黒腐病	コサイドボルドー	1000		-	-	-	-					
コサイド3000		2000	100～300										
コサイドボルドー		1000	100～300										
褐斑細菌病	Zボルドー	500	100～300	-	-	-	-						
	コサイドDF	1000											
	コサイドボルドー												
	コサイド3000	2000	100～300										
かいよう病、斑点細菌病、黒腐病等の種子伝染性細菌病害	野菜類種子消毒用 ドイツボルドーA	500～1000		播種前	30分間 種子浸漬								
	うどんこ病	750～1000		-	-	-	-						
野菜類 (なすを除く)	白さび病	1000	150～500					収獲前日まで	-	-	-		
野菜類(トマト、ミニトマトを除く)	軟腐病	800～1000											
	うどんこ病	カリグリーン	800									100～300	
野菜類 (なす、トマト、ミニトマトを除く)	さび病	800	100～300					-	-	-	-		
	灰色かび病												
野菜類 (なす、トマト、ミニトマトを除く)	うどんこ病	サンクリスタル乳剤	300～600					150～500	-	-	-	炭酸水素ナトリウム・ 銅水和剤	
		アーリーセーフ										炭酸水素 カリウム水溶剤	
		あめんこ100	100					100～300				脂肪酸 グリセリド乳剤	
		ベニカマイルド液剤										還元澱粉糖化物液剤	
野菜類(いちご、 トマト、ミニトマトを除く)	うどんこ病	エコピタ液剤							-	-	-	-	
		イオウフロアブル	500～1000										水和硫黄剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農業の種類	有機JAS第 4条(生物農 業の区分)			
いちご	角斑細菌病	コサイドDF	1000	100~300	-		散布	銅水和剤				
		コサイド3000										
	炭疽病	ICポルドー66D	100									
		園芸ポルドー	800									
	うどんこ病	硫黄粉剤50		3kg/10a	0.10g/m ³	園芸用ガラス室、 ビニールハウス、 ビニールトンネル 等密閉可能な場 所		くん煙 (通常12時間 以上)		硫黄・銅水和剤		
		硫黄粉剤										
		サルファグレン			100~300	収穫前日まで	-	散布		還元澱粉糖化物液剤		
		エコピタ乳剤	100							親株床初期	-	水和硫黄剤
		イオウフロアブル	500~1000		100~300	収穫前日まで	-	散布		還元澱粉糖化物液剤		
		コロナフロアブル	500~1000							硫黄・銅水和剤		
		あめんこ100	100		500~1000					水和硫黄剤		
		イデクリーン水和剤	800							還元澱粉糖化物液剤		
		クムラス			200	-				水和硫黄剤		
		サルファーズル	500~1000							硫黄・銅水和剤		
ハーベストオイル	200		100~300	-			マシン油乳剤					
ペニカマイルド液剤	100						収穫前日まで	還元澱粉糖化物液剤				
うり類	べと病	園芸ポルドー	400~800	100~300	-		-	硫黄・銅水和剤				
	うどんこ病											
	炭疽病											
	べと病											
	うどんこ病											
炭疽病	イデクリーン水和剤											
かぼちゃ	疫病	Zポルドー粉剤DL		4kg/10a				銅粉剤	「別表2 該当」			
	うどんこ病	コロナフロアブル	500~1000		-		散布	水和硫黄剤				
		ハツバ乳剤	200					なたね油乳剤				
		サルファーズル	500~1000					水和硫黄剤				
イオウフロアブル	500		硫黄・銅水和剤									
かぼちゃ(種子)	べと病	園芸ポルドー	400~800	100~300				硫黄・銅水和剤				
		イデクリーン水和剤										
	炭疽病	園芸ポルドー										
きゅうり	べと病	クブラビットホルテ	500		100~300	収穫前日まで	-	銅水和剤				
		サンポルドー	300~600					銅・パチルス ズブチリス水和剤				
		コサイドポルドー						銅水和剤				
		ケミヘル	1000					-		-	-	手指、器具を薬 液に浸漬し、濡 れた状態で使用
		クリーンカップ										シイタケ菌糸体 抽出物水溶性 抽出物液剤
		ピティグラン水和剤	500					-		-	-	散布
	ベニドー水和剤			なたね油乳剤								
	モザイク病 感染防止	レンテミン	100			管理作業時		シイタケ菌糸体 抽出物液剤				
	レンテミン液剤	原液					銅・パチルス ズブチリス水和剤					
褐斑病	ケミヘル	1000	100~300	100~300	-	-	-	銅・パチルス ズブチリス水和剤				
	クリーンカップ									なたね油乳剤		
うどんこ病	ハツバ乳剤	200		0.10g/m ³	園芸用ガラス室、ビ ニールハウス、ビニール トンネル等密閉可能 な場所		くん煙(通常 12時間以上)	硫黄くん煙剤				
								スプレーオイル	200	100~300	-	-
	トモノールS											
	ハーベストオイル	100~200										

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL)	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第4条(生物農薬の区分)		
きゅうり	斑点細菌病	KBW (ケービーダブル)	500	100~300	-	-	散布	銅水和剤			
		キュプロ フィックス40									
		コサイドDF	2000								
		ピティグラン水和剤	500	100~300							
		ベニドー水和剤									
		ポテガードDF									
		ポルドー									
		ムッシュポルドー DF	2000	100~300							
		ピティグラン水和剤									
		クリーンカップ	500	-							
		ケミヘル									
		ドイツポルドーA	750~1500	150~500							
サンポルドー											
クラブビットホルテ	2000	100~300									
ジーファイン水和剤											
すいか	炭疽病	ICポルドー66D	50	100~300	-	-	-	銅水和剤			
	つる枯病										
	疫病									Zポルドー	500~800
	うどんこ病									イオウフロアブル	500
すいか	モザイク病 感染防止	レンテミン	900		収穫前日まで	-	-	シイタケ菌糸体 抽出物水溶性			
			90		管理作業時						
		レンテミン液剤	10	100	収穫前日まで						
ズッキーニ	うどんこ病	ハツバ乳剤	200					なたね油乳剤	「別表2 該当」		
とうがん	果実汚斑細菌病	ポルドー	800	100~300	-	-	-	銅水和剤			
		ドイツポルドーA									
トマト	疫病	コサイドDF	1000								
		ピティグラン水和剤	300~500								
		クラブビットホルテ	500								
		サンポルドー	300~600								
トマト ミニトマト	斑点病	ポルドー	500	100~300	-	-	-	銅水和剤			
		ドイツポルドーA									
	疫病	園芸ポルドー	400~800	1000	-						
		クリーンカップ									
		ケミヘル	400~600	-							
		Zポルドー									
		ICポルドー66D	50	1000	-						
		コサイド3000									
		KBW (ケービーダブル)	400~800	100~300	-						
		イデクリーン水和剤									
		キュプロフィックス 40	500	-							
		ベニドー水和剤									
	ポテガードDF										
	ポルドー										
	ムッシュポルドー DF	1000	-								
	ケミヘル										
すすかび病	クリーンカップ	500	100~300	-							
	Zポルドー										
	イデクリーン水和剤										
うどんこ病	園芸ポルドー	800	-								
	イデクリーン水和剤										
	イオウフロアブル	500~1000	100~300	-							
	エコピタ乳剤	100~200									
サンクリスタル 乳剤	300~600	150~500	収穫前日まで								

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農業の種類	有機JAS第4条(生物農業の区分)
トマト ミニトマト	うどんこ病	アーリーセーフ	300~600	150~500	収穫前日まで	-	散布	脂肪酸グリセリド乳剤	「別表2該当」
		あめんこ100	100~200	100~300				還元澱粉糖化物液剤	
		ベニカマイルド液剤						炭酸水素カリウム水溶剤	
	輪紋病	カリグリーン	800~1000	-	銅水和剤				
		Zボルドー	400~600		硫黄・銅水和剤				
	葉かび病	園芸ボルドー	500	100~300	収穫前日まで	銅・パチルスズブチリス水和剤			
		クリーンカップ	1000~2000			銅水和剤			
		ケミヘル			500	炭酸水素カリウム水溶剤			
		ドイツボルドーA	500			銅水和剤			
		カリグリーン	800		収穫前日まで	炭酸水素カリウム水溶剤			
		ボルドー	500		-	銅水和剤			
	イデクリーン水和剤	硫黄・銅水和剤							
	モザイク病感染防止	レンテミン	1000	100	収穫前日まで	移植及び各作業(摘芽、誘引等)の直前に散布		シイタケ菌糸体抽出物水溶剤	
		レンテミン液剤	10			シイタケ菌糸体抽出物液剤			
さび病	カリグリーン	800	100~300	-	-	炭酸水素カリウム水溶剤			
						銅水和剤			
灰色かび病	カリグリーン	800	100~300	-	-	炭酸水素カリウム水溶剤			
						銅水和剤			
なす	褐色腐敗病疫病	サンボルドー	500	-	-	銅水和剤			
		サンクリスタル乳剤	300~600			150~500	脂肪酸グリセリド乳剤		
	アーリーセーフ	1000~2000		-	炭酸水素ナトリウム・銅水和剤				
	ジーファイン水和剤		銅水和剤						
にがうり	うどんこ病	Zボルドー	500	100~300	-	-	銅水和剤		
		サルファグレン			0.10g/m ³	園芸用ガラス室、ビニールハウス、ビニールトンネル等密閉可能な場所	くん煙(通常12時間以上)	硫黄くん煙剤	
メロン	斑点細菌病	ドイツボルドーA	500~1000	100~300	-	-	散布	銅水和剤	
		ボルドー							
	モザイク病感染防止	レンテミン	900	90	-	-	移植及び各作業(摘芽、誘引等)の直前に散布	シイタケ菌糸体抽出物水溶剤	
			90				管理作業時	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用	
原液		-							
レンテミン液剤	10	100	収穫前日まで	移植及び各作業(摘芽、誘引等)の直前に散布	シイタケ菌糸体抽出物液剤				
ピーマン	モザイク病感染防止	レンテミン	100	1000	-	-	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用	シイタケ菌糸体抽出物水溶剤	
			1000				収穫前日まで	移植及び各作業(摘芽、誘引等)の直前に散布	
		10	100	-	-	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用	シイタケ菌糸体抽出物液剤		
		原液	-			管理作業時	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用		
とうがらし類	モザイク病感染防止	レンテミン	100	1000	-	-	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用	シイタケ菌糸体抽出物水溶剤	
			1000				収穫前日まで	移植及び各作業(摘芽、誘引等)の直前に散布	
		10	100	-	-	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用	シイタケ菌糸体抽出物液剤		
		原液	-			管理作業時	手指、器具を薬液に浸漬し、濡れた状態で使用		

2) 殺虫剤

(1) 生物的防除剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数 使用量*	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第 4条(生物農 薬の区分)	
野菜類	アオムシ	チューンアップ 顆粒水和剤	2000~3000	100~300	発生初期 但し、 収穫前日まで	-	散布	BT水和剤	生物防除 「微生物 農薬」	
		ジャックポット 顆粒水和剤	1000							
		エスマルクDF	1000~2000							
		エコマスターBT								
		トアロー水和剤GT								
		トアローフロアブル CT								
	デルフィン 顆粒水和剤	1000								
	コナガ	エコマスターBT	1000~2000	100~300						
		エスマルクDF	2000~3000							
		チューンアップ 顆粒水和剤								
		トアロー水和剤GT								
		トアローフロアブル CT								1000~2000
		ポタニガードES	500		発生初期					
	オオタバコガ	ジャックポット 顆粒水和剤	1000	100~300	発生初期 但し、 収穫前日まで					
		デルフィン 顆粒水和剤								
		エコマスターBT								
		エスマルクDF								
		トアローフロアブル CT				500~1000				
		チューンアップ 顆粒水和剤				2000~3000				
	ハイマダラノメイガ	アブラムシ類	1000	100~300		発生初期				
アザミウマ類	ポタニガードES	500~1000								
コナジラミ類	500									
ネコブセンチュウ	バスター水和剤	1~5kg/10a*	150~200	定植前		土壌表面に 散布し混和	パスツリーア ペネトラン水和剤			
ウリノメイガ	チューンアップ 顆粒水和剤	3000	100~300	発生初期 但し、 収穫前日まで		-	散布	BT水和剤		
シロイチモジトウ	デルフィン 顆粒水和剤	1000								
ハスモンヨトウ	バイオセーフ	2億5000万頭* (約100g)/10a			500~2000				老齢幼虫発生期	土壌灌注
ヨトウムシ	エコマスターBT	1000	100~300	発生初期 但し、 収穫前日まで	-	散布	BT水和剤			
	エスマルクDF	2000								
	チューンアップ 顆粒水和剤									
	トアロー水和剤GT	500~1000								
野菜類 (施設栽培)	アザミウマ類	ポタニガード 水和剤	1000	100~300	発生初期	-	放飼	ポーベリア バシアーナ水和剤	生物防除 「天敵農薬」	
		アリガタ								500~2000ml /10a(約500~ 2,000頭)
		ククメリス								50~100頭/株
		メリトッ								100頭/株
		スワルスキー		250~500ml /10a(約2,5000 ~50,000頭 /10a)	発生直前~ 発生初期	-	茎や枝等に 吊り下げて放飼	スワルスキー カブリダニ剤		
		スワルスキー プラス		100~200パック /10a(約25,000 ~50,000頭 /10a)						
		オリスターA		0.5~2L/10a(約 500~2,000頭)	発生初期	-	放飼	タイリクヒメ ハナカメムシ剤		
		トスパック								
		タイリク		500~2000ml /10a(約500~ 2,000頭)	1,000~3,000頭 /10a					
		リクトッ								

適用作物	適用 病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農業の種類	有機JAS第 4条(生物農 薬の区分)	
野菜類 (施設栽培)	コナジラミ類	ツヤコバチEF30		80枚/10a	発生初期	-	放飼	オンシツツヤコバチ剤	生物的防除 「天敵農業」	
		エンストリップ		25~30株 当たり1カード						
		ツヤバラリ		25~50株 当たり1カード						
		エルカード		1箱/10a (約3,000頭)						
		サバクトップ		50~75カード /10a						
		スワルスキー		250~500ml /10a(約25,000 ~50,000頭 /10a)	発生直前~ 発生初期		蓋や枝等に 吊り下げて放飼	スワルスキー カブリダニ剤		
		スワルスキー プラス		100~200パック /10a(約25,000 ~50,000頭 /10a)						
		ポタニガード 水和剤	1000	100~300	-		散布	ポーベリア バシアーナ水和剤		
		ゴツツA	500~1000							ペキロマイセス テヌイベス乳剤
		マイコタール	1000							
	アブラムシ類	コレトップ		4~8ボトル /10a(1,000~ 2,000頭)	-	-	放飼	コレマンアブラバチ剤	生物的防除 「天敵農業」	
		アブラバチAC		1~2瓶/10a (約500~1,000 頭/10a)						
		コレバラリ		1,000頭/10a						
		チャバラ		2,000頭/10a						
		テントップ		10~13頭/m ²						
		ナミトップ		0.5~4頭/株						
		ナミトップ20		10~40頭/m ²						
		カゲタロウ								
		パータレック	1000	150~300						
		ゴツツA	500	100~300						
	タバココナジラミ類 (シルバーリーフコ ナジラミを含む)	ベミパール		25~30株 当たり1カード	発生初期	-	-	チチュウカイ ツヤコバチ剤	生物的防除 「天敵農業」	
	オンシツ コナジラミ	ツヤトップ		25~30株 当たり2 カード				オンシツツヤコバチ剤		
	ハダニ類	カブリダニPP		3瓶(6,000頭 /10a)	-	-	放飼	チリカブリダニ剤	生物的防除 「天敵農業」	
		スパイデックス		100~300ml /10a(チリカブリダニ 約2,000~6,000 頭)						
		チリカ・ワーカー		100~300ml /10a(約2,000~ 6,000頭/10a)						
		チリガブリ		4,000~6,000頭 /10a						
		チリトップ		6,000頭/10a						
		スパイカルEX		100~300ml /10a(約2,000~ 6,000頭)						
		ミヤコスター		2,000頭/10a						
		ミヤコトップ		約2,000~6,000 頭/10a						
		スパイカルプラス		40~120パック /10a(約2,000~ 6,000頭/10a)			蓋や枝等に吊り 下げて放飼	ミヤコカブリダニ剤		

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (番号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第4条(生物農薬の区分)
野菜類 (施設栽培)	ハモグリバエ類	マイネックス		1~2瓶/10a (約250~500頭)	発生初期	-	放飼	イサエアヒメコバチ・ハモグリコマユバチ剤	生物的防除 「天敵農薬」
		ヒメコバチDI		100~200頭/10a				イサエアヒメコバチ剤	
	チャノホコリダニ	スワルスキー		250~500ml/10a(約25,000~50,000頭/10a)	発生直前~発生初期		茎や枝等に吊り下げて放飼	スワルスキーカブリダニ剤	
		スワルスキープラス		100~200パック/10a(約25,000~50,000頭/10a)					
トマト、ミニトマト(施設栽培)	コナジラミ類	ポタニガードES	500~2000	100~300	発生初期	-	散布	ポーベリアバシアーナ乳剤	生物的防除 「微生物農薬」
	マメハモグリバエ	コマユバチDS		250~500頭			放飼	ハモグリコマユバチ剤	
きゅうり	ズッキーニ黄斑モザイクウイルスの感染によるモザイク症及び萎凋症	キュービオZY-02			穂木の子葉完全展開又は接木苗の第1本葉完全展開期	1回	本剤の入っている容器に水を加え5倍希釈液とし、固形物を完全に溶解した後、広口の容器に全量を移し、最終的に25倍希釈液とする。この希釈液に添付のカーボランダムを加えてよく混ぜながら綿棒などを使って展開した一対の子葉又は第1本葉の全面に有傷接種する。	ズッキーニ黄斑モザイクウイルス弱毒株水溶剤	生物的防除 「天敵農薬」
いちご	ハスモンヨトウ	ハスモン天敵	1000~2000	100~500	発生初期	-	散布	ハスモンヨトウ核多角体病ウイルス水和剤	

(2) その他の防除剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (番号抜き)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL) 又は使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第4条(生物農薬の区分)
野菜類	ハダニ類	クムラス	400		収穫前日まで	-	散布	水和硫黄剤	「別表2該当」
		ベニカマイルドスプレー	原液					還元澱粉糖化物液剤	
		粘着くん水和剤	100	150~300				ゼンゼン水和剤	
		硫黄粉剤50		3kg/10a				硫黄粉剤	
	コナジラミ類	あめんこ	原液		収穫前日まで	-	散布	還元澱粉糖化物液剤	
		ベニカマイルドスプレー						ゼンゼン水和剤	
		粘着くん水和剤	100	150~300				ゼンゼン水和剤	
	アブラムシ類	あめんこ	原液		-	-	散布	還元澱粉糖化物液剤	
		ベニカマイルドスプレー						ゼンゼン水和剤	
		粘着くん水和剤	100	150~300				ゼンゼン水和剤	
野菜類(施設栽培)		カメノコS		0.5~2頭/株	発生初期	-	放飼	ヒメカメノコテントウ剤	別表2該当(生物農薬としてO&A*に記載無し)
野菜類(いちご、トマト、ミニトマトを除く)	コナジラミ類	エコピタ液剤	100	100~300	収穫前日まで	-	散布	還元澱粉糖化物液剤	
		あめんこ100							
	ハダニ類	ベニカマイルド液剤							
		エコピタ液剤							
	アブラムシ類	あめんこ100							
		ベニカマイルド液剤							
野菜類(なす、トマト、ミニトマトを除く)	ハダニ類	アーリーセーフ	300	150~500	-	-	-	脂肪酸グリセリド乳剤	
		サンクリスタル乳剤	300~600						
		アーリーセーフ							
	コナジラミ類	サンクリスタル乳剤	300						
		アーリーセーフ							
		アーリーセーフ							

適用作物	適用 病虫害	薬剤名 (登録名)	希釈倍数	使用液量 (10a当たりL)	使用時期	使用回数	使用方法	農薬の種類	有機JAS第 4条(生物農 薬の区分)	
食用へちま										
メロン	ハダニ類	コロマイト乳剤	1000	100~300	収穫前日まで	2回以内	散布	ミルベメクテン乳剤		
		コロマイト水和剤	2000					ミルベメクテン水和剤		
ハモグリバエ類	コロマイト乳剤	1000	ミルベメクテン乳剤							
コナジラミ類										
ピーマン	ハダニ類	コロマイト乳剤	1000					ミルベメクテン乳剤		
	コナジラミ類									
	オオタバコガ	スピノエース 顆粒水和剤	2500~5000					スピノサド水和剤		
	アザミウマ類		5000							
	アザミウマ類		2500~5000							
なす	アザミウマ類	除虫菊乳剤3	1000~1600							5回以内
	オオタバコガ	スピノエース 顆粒水和剤	5000	100~300	2回以内	スピノサド水和剤				
	アブラムシ類	サンクリスタル乳剤	300	150~500	5回以内	噴射	脂肪酸グリセリド乳剤			
		アーリーセーフ								
		パイベニカ	原液				ピレトリンエアゾル			
		パイベニカV スプレー					ピレトリン乳剤			
		ガーデントップ					除虫菊乳剤			
		パイベニカ乳剤					250~500			
	除虫菊乳剤3	1000~1600								
	コナジラミ類	コロマイト乳剤	1500	100~300	2回以内	ミルベメクテン乳剤				
		サンクリスタル乳剤	300	150~500	-	-	脂肪酸グリセリド乳剤			
	アーリーセーフ									
	ハダニ類	サンクリスタル乳剤	300~600	100~300	-	-	ミルベメクテン水和剤			
		アーリーセーフ								
		コロマイト水和剤	2000				ミルベメクテン乳剤			
		コロマイト乳剤	1500				マシン油乳剤			
		アタックオイル	100~150							
		スプレーオイル								
トモノールS										
ラビサンスプレー										
テントウムシダマシ類	パイベニカ Vスプレー	原液		5回以内	ピレトリン乳剤					
チャ/ホコリダニ	アーリーセーフ	300	150~500	-	-	脂肪酸グリセリド乳剤				
	サンクリスタル乳剤									
ハモグリバエ類	コロマイト乳剤	1500	100~300	2回以内	ミルベメクテン乳剤					
トマト	アブラムシ類	パイベニカ乳剤	250~500		6回以内	除虫菊乳剤				
トマト ミニトマト	ハダニ類	エコピタ液剤	100	100~300	収穫前日まで	-	散布	還元澱粉糖化物液剤		
		サンクリスタル乳剤	300~600	150~500				脂肪酸グリセリド乳剤		
		アーリーセーフ						100	100~300	還元澱粉糖化物液剤
		あめんこ100								
	ベニカマイルド液剤	300	150~500	脂肪酸グリセリド乳剤						
	サンクリスタル乳剤									
	アブラムシ類	あめんこ100	100	100~300				還元澱粉糖化物液剤		
		ベニカマイルド液剤								
		アーリーセーフ	300	150~500				脂肪酸グリセリド乳剤		
		エコピタ液剤	100	100~300				還元澱粉糖化物液剤		
		パイベニカ Vスプレー	原液					6回以内	ピレトリン乳剤	
		アザミウマ類	スピノエース 顆粒水和剤	5000				100~300	2回以内	スピノサド水和剤
	オオタバコガ									
	コナジラミ類	エコピタ液剤	100~200	150~500				-	-	還元澱粉糖化物液剤
		コロマイト乳剤	1500							ミルベメクテン乳剤
		サンクリスタル乳剤	300	150~500						脂肪酸グリセリド乳剤
		アーリーセーフ								
		あめんこ100	100~200	100~300						還元澱粉糖化物液剤
	ベニカマイルド液剤									
	トマトサビダニ	サンクリスタル乳剤	300	150~500				-	-	脂肪酸グリセリド乳剤
アーリーセーフ										
イオウフロアブル		400				水和硫黄剤				
ハモグリバエ類	コロマイト乳剤	1500	100~300	2回以内	ミルベメクテン乳剤					
	スピノエース 顆粒水和剤	5000			スピノサド水和剤					

「別表2
該当」

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農業の種類	有機JAS第4条(生物農業の区分)
コナガ、オオタバコガが加害する農作物等	コナガ オオタバコガ	コナガコン		露地:100~110m/10a (100mリール)	加害作物栽培の全期間		株上に沿い作物上に支柱等を用いて固定する。	ダイアモルア剤	「別表2 該当」
				露地:200本/10a(20cmチューブ)			適当な長さの支柱等に取り付け、圃場に配置する。		
コナガが加害する農作物等	コナガ		ハウス:100~400m/10a (100mリール)			ハウス内の天井に近い位置に固定する。			
コナガ、オオタバコガ、ヨトウガが加害する農作物等	オオタバコガ	コナガコンプラス		100~120本/10a(22g/100本製剤)			作物の生育に支障のない高さに支持棒を立て支持棒にディスクベンサーを巻き付け固定し圃場に配置する。	アルミゲルア・ダイアモルア剤	
	ヨトウガ			100本/10a(22g/100本製剤)					
ナメクジ類、カタツムリ類、アフリカマイマイ、ヒメリンゴマイマイが加害する農作物等	アフリカマイマイ	スラゴ		3~5g/m ²	発生時 (温室、ハウス、圃場、花壇)	-	ナメクジ類、カタツムリ類、アフリカマイマイ及びヒメリンゴマイマイの発生あるいは加害を受けた場所又は株元に配置する。	磷酸第二鉄粒剤	
		ナメクジキラーFエース							
		ナメクジ退治							
		ナメトール							
		フェラモール							
	ナメクジ類 カタツムリ類	スラゴ		1~5g/m ²					
		ナメクジキラーFエース							
		ナメクジ退治							
		ナメトール							
	ヒメリンゴマイマイ	スラゴ		5g/m ²					
		ナメクジキラーFエース							
		ナメクジ退治							
ナメトール									
ナメクジ類、カタツムリ類、アフリカマイマイが加害する農作物等	ナメクジ類 カタツムリ類	ナメトックス*		1.5~3.0kg/10a	6回以内		本剤を数粒ずつまとめて、1m ² 当り4~5ヶ所の割合で適宜配置する。	メタアルデヒド粒剤*	
	アフリカマイマイ			3.0~4.5kg/10a					
野菜類・	コナガ	コンフューザーV		100~200本 (41g/100本製剤)	対象作物の栽培全期間		作物の生育に支障のない高さに支持棒を立て支持棒にディスクベンサーを巻き付け固定し圃場に配置する。	アルミゲルア・ウワバールア・ダイアモルア・ビートア・ミルア・リトルア剤	
	オオタバコガ								
	ハスモンヨトウ								
	タマナギンウワバ								
	イラクサギンウワバ								
	ヨトウガ								
シロイチモンジヨトウ		100本 (41g/100本製剤)							

※メタアルデヒド粒剤(ナメトックス)は、補虫器に使用する場合に限ること。

3) 生長調整剤

適用作物	適用病害虫	薬剤名 (屋号抜き)	希釈倍数	使用量	使用時期	使用回数	使用方法	農業の種類	有機JAS第4条(生物農業の区分)
いちご	初期生育の促進	アルムグリーン	500	株当り200ml	育苗期	8回以内	土壌灌注	混合生薬抽出物液剤	「別表2 該当」

引用文献

- 1) 上野高敏 (2009) 「昆虫の天敵」『バイオロジカル・コントロール』(仲井まどか・大野和朗・田中利治編集)、78-84.
- 2) 大森千菜子・足達太郎・中野史織・根本久 (2007) 「露地ナス栽培における植生管理とナス害虫及び天敵の発生について(講演要旨)」、天敵利用研究会、G11.
- 3) 奥田誠一 (2004) 「病気とその成立」『最新植物病理学』(奥田誠一ら)、朝倉書店、5-7.
- 4) 川城英夫 編 (2001) 『新 野菜作りの実際』果菜 I (ナス科、マメ類) (社)農山漁村文化協会、283pp
- 5) 川城英夫 編 (2001) 『新 野菜作りの実際 果菜 II (ウリ科、イチゴ、オクラ) (社)農山漁村文化協会、300
- 6) 木嶋利男 (2003) 「*Pseudomonas gloioli* によるユウガオつる割れ病の防除」『拮抗微生物による作物病害の生物的防除』(百町満朗 監修)、クミアイ化学工業株式会社、42-48
- 7) 桐谷圭治 (2013) 「ただの虫」を無視しない農業、9-17
- 8) 桐谷圭治 (1973) 「生物的防除」『総合防除』(深谷昌次・桐谷圭治編)、123-162.
- 9) 小池明・根本久・天野洋 (2000) 「カブリダニ捕獲トラップ (Phyto trap) の開発およびその利用によるナシ樹上のカブリダニ種構成と発生消長の調査」『応動昆』、44:35-40.
- 10) 後藤逸男 (2012) 『イラスト基本からわかる土と肥料の作り方・使い方』、(社)家の光協会、142.
- 11) 三枝敏郎 (1993) 『センチュウおもしろ生態とかしこい防ぎ方』、(社)農山漁村文化協会、60.
- 12) 栃木県農業者懇談会 (1996) 『農薬を減らす100の方法』、142.
- 13) 戸松 正 (2011) 「クズ麦マルチとコンパニオンプランツで無農薬栽培」、現代農業、8月号、74-80.
- 14) 根本 久 (2013) 『野菜を病気と害虫から守る本』、NHK 出版、120-121.
- 15) 根本 久 (2012) 『イラスト基本からわかる病害虫の予防と対策』、(社)家の光協会、159.
- 16) 根本 久 (2011) 「耕種の防除」、技術と普及、54-55.
- 17) 根本 久 (2011) 「天敵いっぱい多自然空間畑はこうつくる」、現代農業、178-183.
- 18) 根本 久 (2010) 「雑草・病害虫防除の実際」『有機農業の技術と考え方』(中島紀一・金子美登・西村和雄)、コモンズ、212-222.
- 19) 根本 久・畠山修一・齋島雅之・山田律佳 (2008) 「光反射シート利用による宿根アスターを被害するウリハムシ類の防除」、埼玉農総研研報、8 : 13-18.
- 20) 根本 久 (2007) 「土着天敵を活用した有機 JAS 規格に合うナス害虫防除技術」、今月の農業、9月号、90-98.
- 21) 根本 久 (2003) 天敵の種類と利用のポイント、「天敵利用で農薬半減」(根本久 編)、(社)農山漁村文化協会、24-40.
- 22) 根本 久 (1995) 「システム農業と天敵利用」『天敵利用と害虫管理』(根本久)、(社)農山漁村文化協会、63-72.
- 23) 農林水産消費安全技術センター (2009) 「生物農薬について」『食と農のサイエンス』、2009年11月16日号
http://www.famic.go.jp/public_relations_magazine/kouhoushi/science_of_food/fs0911-16.html
- 24) 橋爪 健 (2007) 『新版 緑肥を使いこなす』、(社)農山漁村文化協会、158.
福島県農林水産部 (2009) 「露地野菜の有機栽培の実際 キュウリ」『有機栽培の手引き』、福島県農林水産部、54-55.
- 25) 松田 明 (1977) 『野菜の土壌病害』、(社)農山漁村文化協会、365.
- 26) 水久保隆之 (2005) 「対抗植物、天敵微生物等を利用した線虫防除技術」
http://www.naro.affrc.go.jp/training/files/2005_1-06.pdf、1-6.
- 27) 村上陽三 (1982) 「天敵とは」『害虫の天敵』(村上陽三)、ニューサイエンス社、3-32.
- 28) 岡田齊夫 (1998) 「天敵微生物による害虫の制御」『農業環境を守る微生物利用技術』(西尾道徳・大畑貫一編)、家の光協会、75-110.
- 29) Ramakers, Pierre M.J. and Jean-Michel Rabasse (1995) Integrated Pest Management in Protected Cultivation, in "Novel Approaches to Integrated Pest Management" ed by Reuven Reuveni, LEWIS, Boca Raton, 199-229.
- 30) 矢野栄二 (2003) 「天敵利用の基礎天敵」『天敵』(矢野栄二)、養賢堂、1-18.
- 31) 山下一穂 (2012) 『無農薬野菜づくりの新鉄則』、学研パブリッシング、196.
- 32) 渡部 仁 (1988) 『微生物で害虫を防ぐ』、裳華房、163.