

天敵誘引剤・活性化剤を利用したコナガ防除技術

1. 本技術の背景と意義

植物は、害虫などの植食者によって食害されると、特有の匂いを放出します。この匂いは、植食者誘導性植物揮発性物質 (Herbivore induced plant volatiles、以下、HIPV と略) と呼ばれており、食害した害虫の天敵を引き寄せる効果を持つことが知られています(図 1 左)。この現象は、植物が天敵を誘引することで自らを守ることから、植物の間接防衛手段の一つであると考えられています (塩尻ら、2002)。

近年、この間接防衛の仕組みを、農作物の害虫防除に利用する機運が高まっています。農作物が害虫に食害された際に放出する HIPV の物質の成分を明らかにし、人工的に合成することができれば、それを野菜生産圃場に設置することで、農作物が加害される前に、周囲に生息する土着天敵を誘引し、害虫を防除する「天敵誘引技術」を開発できます(図 1 右)。安全・安心な農業生産物に対する消費者の意識が高まるなか、植物が本来持つ機能を活かした「天敵誘引技術」は、化学農薬の使用量削減に大きく貢献する新たな害虫防除技術となります。

生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業「天敵の行動制御による中山間地(京都府美山町)における減農薬害虫防除技術の開発」(2002～2006 年度)では、アブラナ科農作物が害虫「コナガ」に食害された際に放出する HIPV を「天敵誘引剤」を人工合成し、この剤を用いてコナガの土着天敵「コナガサムライコマユバチ」を誘引する「天敵誘引技術」を開発しました。

本稿では、ミズナを対象に、この「天敵誘引剤」とともに、コナガサムライコマユバチの繁殖力を増加させるための「天敵活性化剤」を用いて、コナガを防除するための技術について説明します。

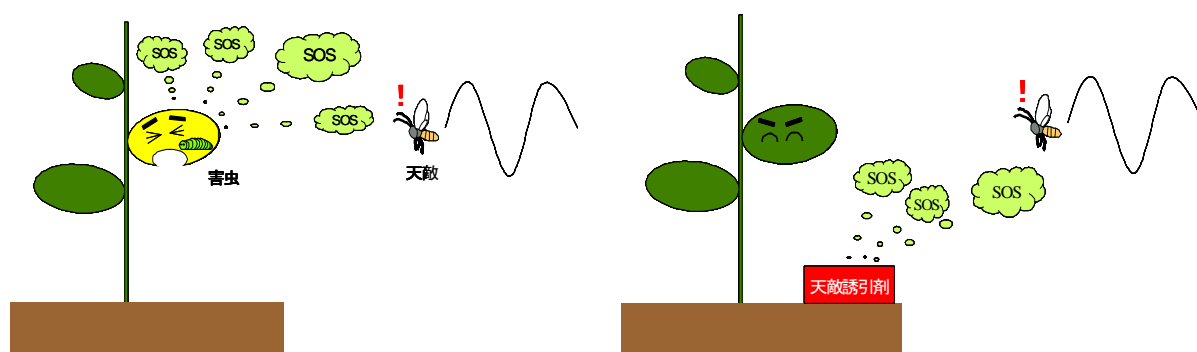


図1 植物の間接防衛による天敵誘引と(左)と天敵誘引剤を用いた天敵誘引(右)

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 天敵誘引剤

・天敵誘引剤は、キャベツの幼苗が、コナガによって食害を受けた際に生産する 4 成分(ピネン、サビネン、n-ヘプタナール、青葉アセテート)をもとに開発されました。室内実験により、これら 4 成分を混合した液体を 100 万分の 1 に希釈した際に放出される匂いがコナガサムライコマユバチを誘引することを確認しました (Shiojiri et al., 2010)。さらに、野外開放系では、1000 分の 1 に希釈した際の匂いが 10m の距離からコナガサムライコマユバチを誘引することを確認しました(図 2)。(安部 2005) いずれの成分も、食品添加物として登録されており、人体に対しては無害なものです。

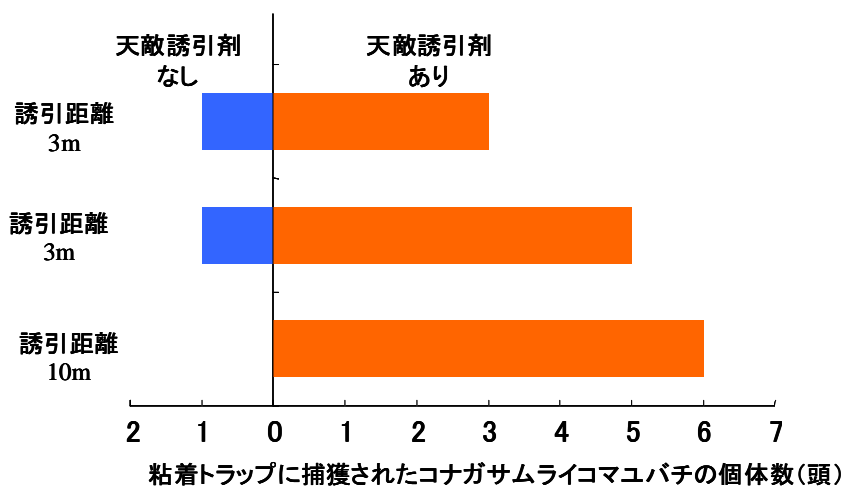


図2 野外開放系における天敵誘引時によるコナガサムライコマユバチの誘引効果

・天敵誘引剤は、パルプ製マットと透過性フィルムから成り(図 3 左)、パルプ製マットにはコナガサムライコマユバチ誘引成分が添加されています。使用前は、天敵誘引成分の揮発を防ぐためにアルミ蒸着された外装パックに封入されています(図 3 右)。



図3 天敵誘引剤(左)と、天敵誘引剤の外装パック(右)

・取り出した時点で天敵誘引成分の放出が始まります。天敵誘引剤の有効期間は約1ヶ月ですので、1ヶ月を目安に新しいものと交換する必要があります。残った天敵誘引剤は外装パックに戻し、チャックを閉めて冷暗所に保管すれば、次の再使用が可能となります。

2-2. 天敵活性化剤

・コナガサムライコマユバチをはじめ、多くの捕食寄生性天敵の成虫は、餌不足による空腹に対して非常に弱いことが知られています (Mitsunaga et al., 2004)。こうした天敵は、野外では花や花外蜜腺から分泌される蜜（糖類などを含む）を主な餌としていますが、ハウス内には蜜源が存在しないため、人工的な餌資源として、天敵の活動を維持するための天敵活性化剤(図4)をハウス内に設置します。

・天敵活性化剤の容器内には天敵の餌となる蜜が入っており、中央のファイバー芯を通して給餌部に送られます。



図4 天敵活性化剤

2-3. 天敵「コナガサムライコマユバチ」

・コナガサムライコマユバチ *Cotesia vestalis* (Kurdjumov)(図5) は、ハチ目コマユバチ科に属しており、コナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) の幼虫の単寄生性内部捕食寄生者として知られています。本種は1962年以降、各地のアブラナ科野菜類で確認されており(野田ら、1996；岡田、1989；植松・山下、1999；山田・山口、1985)、日本全国に広く定着している天敵といえます。



図5 コナガサムライコマユバチの成虫

・オーストラリア、南アフリカ共和国、ジャマイカ、アメリカ合衆国などでは、持続利用を目的としたコナガの生物的防除のため、大規模な露地栽培圃場で大量放飼されています (Talekar, 1993)。これらの国々では、本種が定着した後にコナガによるアブラナ科野菜類の被害が減少しており (Talekar, 1996)、本種がコナガの有望な生物的防除資材であることが示されています。

・中山間地におけるアブラナ科葉菜類を想定したハウス（1.2a）において、天敵活性化剤を設置した場合、コナガサムライコマユバチの雌成虫を、わずか5頭放飼するだけで、コナガの増殖を抑制することができます（**図6**）（詳細は安部ら 2007）。

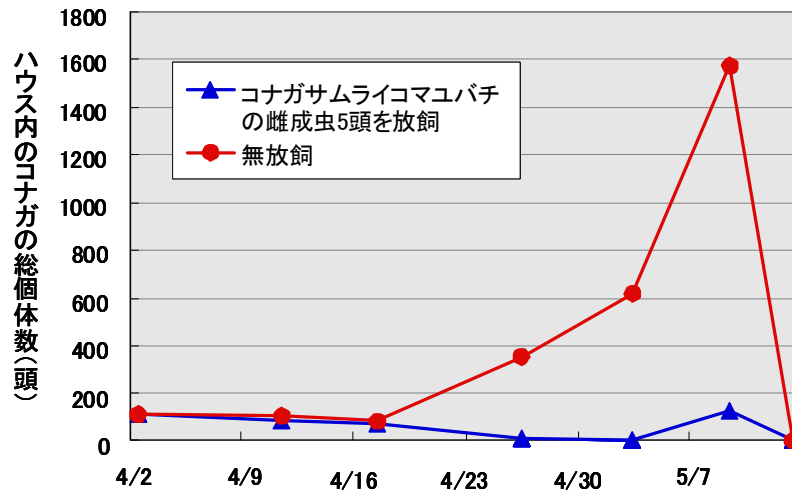


図6 コナガサムライコマユバチの雌成虫5頭を放飼したハウスと無放飼のハウスにおけるコナガの個体数の推移

2-4. 天敵誘引剤と天敵活性化剤の圃場への設置

(1) 天敵誘引剤の設置・交換

天敵誘引剤は、ハウス内の側窓上部のパイプに洗濯バサミ（**図7**）やS字フック（**図8**）などで吊し、誘引源となる匂いがハウスの外に出るようにします。吊すときは、



図7 洗濯ばさみを使って設置した天敵誘引剤



図8 S字フックを使って設置した天敵誘引剤

5m に 1 本の間隔で吊すと効果的です。天敵誘引剤がコナガサムライコマユバチを誘引できる期間は 1 ヶ月であるため、1 ヶ月ごとに交換する必要があります。

(2) 天敵活性化剤の設置・交換

天敵活性化剤は、ハウス内の側窓下部のパイプに設置します(図9)。設置に際しては、設置用の受け皿が必要となります(図 10)。天敵活性化剤の効果は 1 ヶ月であるため、1 ヶ月ごとに交換します。



図9 ハウス内に設置した天敵活性化剤



図10 天敵活性化剤のボトルと受け皿(左)、組み合わせた状態(右)

3. 期待される効果および利用上の留意点

3-1. 技術の実証例

「天敵制御技術」の実証例として、2006年3月より京都府北部のミズナ生産者7軒にご協力いただき、減農薬ミズナ栽培ハウス計22棟のうち11棟に、本マニュアルの方法に従って天敵誘引剤と天敵活性化剤を設置しました。コナガが多発しやすい4~8月にかけて、毎週、22棟のハウスを巡回し、コナガの発生回数と発生量を確認しました。その結果、天敵誘引剤と天敵活性化剤を設置したハウスでは、慣行栽培のハウスに比べ、コナガの発生回数が半減したうえ(図11)、発生量も3分の1

になりました。これらのハウスでは周辺環境からコナガサムライコマユバチが誘引されたため、コナガの発生回数、発生量が軽減されたと考えられました。

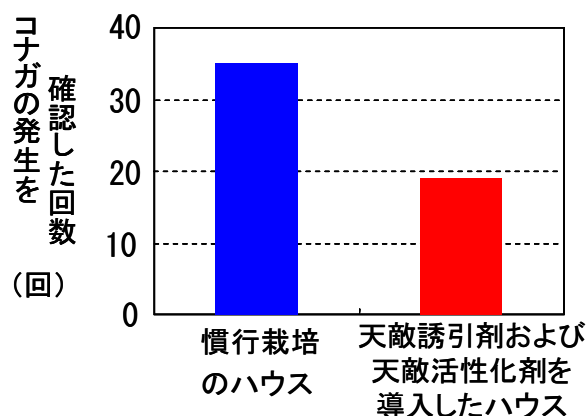


図11 慣行栽培のハウス、「天敵制御技術」を導入したハウスでのコナガの発生確認回数

3-2. 利用上の留意点

(1) 天敵誘引剤と天敵活性化剤の入手について

天敵誘引剤、天敵活性化剤とも、2010年12月現在、まだ市販される段階に至っておりませんので生産者のかたがすぐに入手することはできません。もうしばらくお待ちください。

(2) 特許について

本マニュアルで紹介した天敵誘引剤、天敵活性化剤に関して、本研究を実施した研究グループが以下のような特許を取得しています。

①天敵誘引剤に関する特許

発明の名称：植物由来の天敵誘引成分

特許第 4524380 号

②天敵活性化剤に関する特許

発明の名称：天敵昆虫を飼育するための給餌方法および給餌装置

特許第 4533988 号

4. 残された問題点と今後の展望

前項のように、天敵誘引剤、天敵活性化剤とも、2011年2月現在、市販されるに

至っておらず、両剤の市販に向けて現在、京都大学生態学研究センターと株式会社ペコ IPM パイロットが、さらなる研究と実証例の蓄積に取り組んでおります。

※ 本稿は、生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業（異分野融合研究開発型）として実施されたプロジェクト「天敵の行動制御による中山間地（京都府美山町）における減農薬害虫防除技術の開発（2002～2006年度）」の研究成果の一部です。プロジェクト全体の成果は生物系特定産業技術研究支援センターのホームページ（下記 URL）で公表されています。

「天敵の行動制御による中山間地（京都府美山町）における減農薬害虫防除技術」
研究成果 <http://brain.naro.affrc.go.jp/tokyo/gijutu/18seika/18seika.htm>

※ 本情報について、上記ホームページよりさらに詳細な情報が必要な場合のお問い合わせは、下記にお願いします：

京都大学 生態学研究センター

高林純示（教授）、上船雅義（特定研究員）

住所：滋賀県大津市平野 2 丁目 509-3 電話番号：077-549-8200（代表）

参考文献

- 1) 安部順一郎（2005）天敵誘引剤を使ったコナガ個体群防除の可能性．今月の農業 49:74-79.
- 2) 安部順一郎ら（2007）ハウス栽培のコマツナを低密度で加害するコナガに対するコナガサムライコマユバチの必要放飼比率．近中四農研報．6:125-131.
- 3) Mitsunaga, T. et.al. (2004) Influence of food supply on longevity and parasitization ability of a larval endoparasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). Appl. Entomol. Zool. 39: 691-697.
- 4) 野田隆志ら（1996）．盛岡市のキャベツ畑におけるコナガ幼虫及び蛹の寄生蜂の種類相と発生消長．応動昆．40：164-167.
- 5) 岡田利承（1989）キャベツ圃場におけるコナガの寄生蜂の種類とその寄生率の季節的消長．応動昆．33：17-23.
- 6) 塩尻かおりら（2002）植物－植食者－天敵相互作用系における植物情報化学物質の機能．応動昆．46:117-133.
- 7) Shiojiri, K. et.al. (2010) Herbivore-species-specific, density-dependent

- induction of plant volatiles: honest or “cry wolf” signals? Plos One 5: e12161.
- 8) Talekar, N. S. and A. M. Shelton (1993) Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275-301.
- 9) Talekar, N. S. (1996) Biological control of diamondback moth in Taiwan - a review. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 38: 167-189.
- 10) 植松秀男・山下 勉 (1999) 慣行防除圃場におけるコナガとその寄生蜂の発生動向. 応動昆. 43 : 113-121.
- 11) 山田偉雄・山口泰治 (1985) コナガの寄生性および捕食性天敵. 応動昆. 29 : 170-173.

研究担当者 :

安部 順一郎 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

熊倉 裕史 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

夏作ホウレンソウ前作物としての春作エダマメの導入によるホウレンソウの土壤病害防止技術

1. 本技術の背景と意義

ホウレンソウの周年栽培が行われている産地では、ホウレンソウのみの連作により生産が不安定となる問題があります。連作による問題は、特に夏期高温期に発生します。それは、ホウレンソウは生育適温が 15～20℃と低いため（成松 2001）、高温下での生育が不安定であることや（亀田 1999）、高温条件により土壤病害が多発すること（福西 1988）などによります。ホウレンソウで夏期高温期に多く発生するのは、立枯病、株腐病、萎凋病であり、また、これらは土壤病害であるため、連作により発生が助長されます（竹内 2007）。夏作ホウレンソウでの病害発生圃場を図 1 に、病害個体の例を図 2 に示しました。これらの病害を防止するためには、クロールピクリンなどの土壤消毒剤を用いた化学的な土壤消毒による解決方法も考えられますが、産地の方針で薬剤による土壤消毒が行えない場合もあり、また、近年は環境問題や農産物の安全性に対する消費者の関心が高まっており（高城ら 2001）、土壤消毒剤などの農薬を多量に使用するようなホウレンソウの栽培法は歓迎されなくなってきました。この問題を解決するための一つの方法として、環境保全的な栽培管理手法によるホウレンソウの夏期の土壤病害の防止技術の開発を行うことにしました。



図1 夏作ホウレンソウにおける病害の発生



図2 病害による異常が見られたホウレンソウ個体

環境保全的な土壤病害の防止方法には、抵抗性品種の選択（生越 1994）や、熱水土壤消毒、蒸気消毒、太陽熱消毒、土壤還元消毒といった物理的方法（西 2007）、非病原性フザリウム菌の利用（高城ら 2001）や植物内生菌の利用（津田 2002）といった生物的方法、連作を避け輪作する（生越 1994）などの方法があります。このうち、抵抗性品種については、夏期の複数の病害全てに対して強い抵抗性をもつ品種は未だ開発されていません。また、熱水土壤消毒・蒸気消毒については、消毒

機械の導入などのコストがかかることから、中山間地に多い小規模な産地での導入は難しいです。また、太陽熱消毒および土壌還元消毒は、処理に時間がかかり、場合によっては夏作ハウレンソウ 1 作分に相当する期間の作物の生産が不可能となる場合があります（西 2007）。生物的方法については、現段階では生産現場において実用的な方法とはなっていません。

一方で、連作を避け輪作することは土壌病害回避の効果的手段になることや（駒田 1982）、病原菌密度の低下、塩基バランスの適正化、土壌物理性の改善などの効果があること（小川 1991）が以前から指摘されています。また、太陽熱消毒などのように、処理期間中に圃場が使用できない状態にならないため、輪作作物に収益作物を選択できれば、経営上有利であると考えられます。しかし、実際には、夏作産地では年間 3~4 回（荒井 1982; 棚橋 1988）、周年産地では、年間 4~5 回（成松 2001）のハウレンソウの作付けにより連作状態となり、常時輪作を行っているハウレンソウ産地は少ないです。

そこで、ハウレンソウ栽培用の無加温の雨よけハウスで栽培可能な他の作物を前作に取り入れることにより、病害の発生の防止を図り、夏作ハウレンソウの安定生産を目指すことにしました。ハウレンソウは、需要が高く、価格が比較的安定していることから（三井 2006）、生産者にとっては、収益面で他の品目の導入に抵抗があることが多いです。また、夏作ハウレンソウは高値となるので（藤森・尾島 2000）、その栽培時期に前作物の作期が重ならないように考慮する必要があります。まず、作期、収益性および生産安定化効果の観点から有利と考えられたエダマメをハウレンソウ前作に導入することを考え、春作エダマメの作期、栽培方法を検討しました。次に、春作エダマメの前作物としての導入による夏作ハウレンソウの病害防止の観点からの生産安定化効果を検証し、最終的に新たな栽培体系として提案しました。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 無加温ハウレンソウハウスにおける春作エダマメ栽培方法

①栽培期間中の温度と収量の関係

春作エダマメの栽培時期を検討した結果、春作の「たんくろう」の主茎長、節数および茎葉重と莢数および莢重の間には正の相関関係が認められるため、植物体の栄養生長量が収量の主な決定要因となっています（表 1）。無加温の本圃（ハウレンソウ用ハウス）への定植日から開

表 1 春作の「たんくろう」における栄養生長量と収量との相関

栄養生長量	2 粒以上 莢重収量
主茎長	0.856 **
節数	0.773 **
茎葉重	0.802 **

**は1%水準で有意性あり

表2 春作の「たんくろう」における平均気温と植物体の栄養生長量および収量の相関²

平均気温 ¹	栄養生長量			収量
	主茎長	節数	茎葉重	2粒以上莢重
播種日から定植日まで	0.030	0.073	0.103	0.054
定植日から開花最盛期まで	0.897 **	0.844 **	0.666 **	0.874 **
開花日から収穫日まで	0.770 **	0.809 **	0.502 *	0.687 **

²表中の相関係数は*は5%水準、**は1%水準で有意性あり

¹育苗期間中は加温設備のあるパイプハウス内で、最低気温が12℃以上となるよう管理し、定植後は、ハウス内にビニールによるトンネルを設置し、4月上旬に不織布によるトンネルに変更した。5月上旬に、ハウス内のトンネルおよびマルチを除去した。

花最盛期までの平均気温と栄養生長量および収量との間には、高い正の相関があり(表2)、春作の「たんくろう」で2粒以上莢重収量(=良品収量に相当)100 kg/a以上を得るためには、定植日から開花最盛期までのハウス内平均気温19℃以上が必要です。これは、春作の「たんくろう」の植物体の栄養生長は開花日前後でほぼ停止することから、定植日から開花最盛期までの期間の植物体の栄養生長量の確保が重要となるためです。北近畿地域の場合、4月1日に播種し、4月15日に定植することにより、6月20日頃にはエダマメが収穫可能であり、その後に夏作ハウレンソウが2作栽培可能であることから、作期のうえで導入可能です(表3)。春作エダマメを導入した場合の作期の概略を図3に示しました。

表3 春作の「たんくろう」における播種日、定植日、収穫日、定植日から開花最盛期までの平均気温および2粒以上莢重収量

播種日	定植日	収穫日	定植日から 開花最盛期 までの平均 気温	2粒以上 莢重収量
(年/月/日)	(月/日)	(月/日)	(℃)	(kg/a)
2006/4/3	4/17	6/22-23	19.2	122.4
2008/4/1	4/15	6/20	19.6	111.1

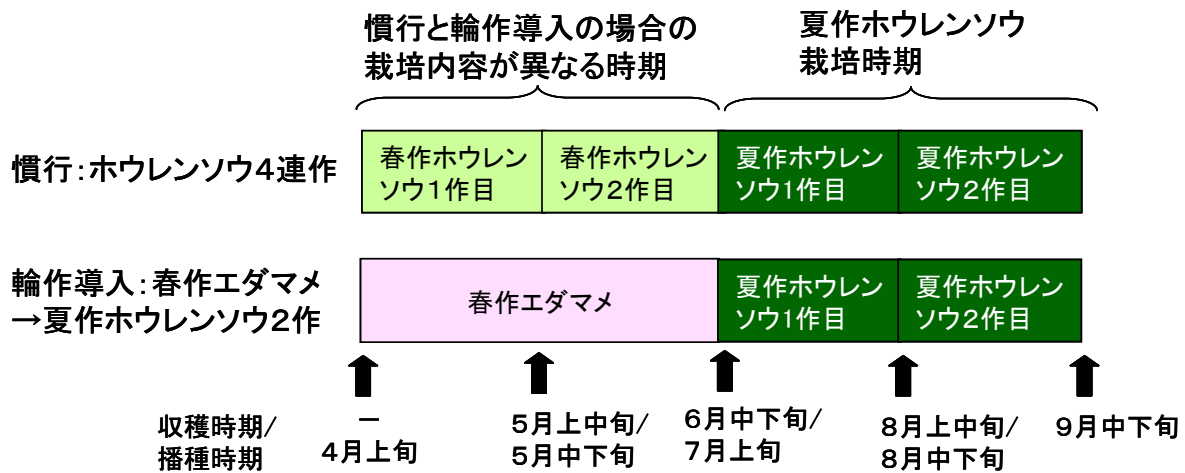


図3 春作エダマメ導入を導入した場合の作期の概略(春～初秋)

②直播栽培と移植栽培の選択

前作エダマメの直播栽培と移植栽培の収量の比較および育苗方法の検討を行った結果、上記栽培時期においては、直播栽培と移植栽培の明確な収量差はみられなかったことから、直播、移植のいずれも選択できます。なお、直播栽培のほうが、育苗施設やセルトレイなどの資材が不要なので、導入がより容易です。

③移植栽培におけるセルトレイのセルサイズを選択

育苗用セルトレイのセルサイズが 72 穴、128 穴および 200 穴の場合の収量を比較した結果、育苗用セルトレイのセルサイズによる生育・収量への明確な影響はみられませんでした。そのため、単位面積当たりのセル苗生産量を考慮し、最も苗の生産効率の良い 200 穴セルトレイによる育苗で問題ないと考えられました。

④前作エダマメの栽培法マニュアル

育苗方法

エダマメ種子は、10 日分程度の肥料が含まれる市販のセル用土を詰めた 200 穴セルトレイに 1 粒ずつ播種します。種子はへそを横にしてセルの奥の方へ指で押し込みます。覆土は保湿のためバーミキュライト（粒子の細かいタイプ）とセル用土を混合したものを使用します。播種後、適度に灌水し、定植までの間、土が乾いた場合にのみ灌水し、水やりが過剰にならないようにします。播種後 1 週間程度で植物体が地上へ出てくるので、灌水後などの湿っているときに種の皮を可能な限り取り除きます。可能であれば加温設備のあるパイプハウス内で育苗し、最低気温が 10℃以上となるよう管理し、初生葉半展開期～展開期まで育苗します(図 4)。

本圃の定植準備

ホウレンソウ栽培用の無加温パイプハウスへ定植します。定植条件は、黒マルチで被覆した110cm幅の畝に条間70cm、株間20cmで1本立て・2条植えとします。ホウレンソウ後作のため、作付前の土壌分析を行い、残肥の分を差し引いて、基肥は、施肥後の合計N含量が10aあたり約5kg相当量となるように施用します。残肥のN量が5kg以上の場合は、基肥はゼロとします。施肥・耕耘後、畝上げは特に行わず、ネキリムシの発生が予想される場合はダイアジノン粒剤を畝上に散布後、畝の上に灌水チューブを設置し、十分灌水します。灌水後、1晩ほどそのままにしておき、地面が落ち着いてから黒マルチで被覆します(図5)。定植時までに地温が上昇することを期待して、ここまでの作業は定植3~5日前までには完了しておくようにします。

定植方法と定植後の管理方法

定植時は、穴開け器などを用いて直径7cm程度の穴をマルチに開け(図6)、1つの穴に1株ずつ定植します。定植に適した苗の生育段階は、初生葉半展開期~展開期(図4)です。これ以上苗齢が進むと活着しにくいため(高尾 2000)注意が必要です。マルチを使用したこの時期の栽培では、ナメクジによる生育初期の被害が発生しやすいため、ハウス内側のビニール際にハウス内を1周するようにナメクジ駆除剤を散布します(定植用の穴には散布しないでください)。定植後は、ハウス内にトンネル用ビニールによるトンネル(110cm幅の畝上に、長さ2.4mの支柱で作成)を設置し、4月上旬の外気の最低気温が0℃を下回らなくなったと判断した時期に、不織布によるトンネル被覆に変更し、トンネルおよびハウスサイドの開閉を行います。基本は朝に開けて夕方には閉めます。雪や雨で気温が上がらない日は、日中でも閉めたままにします。ハウス内に設置した不織布によるトンネルの開閉の様子を図7に示しました。マルチ被覆期間は約1ヶ月なのでこの間はほぼ灌水の必要がありません。



図4 定植時のセル苗



図5 平畝で灌水後、黒マルチを張る



図6 定植時の様子



図7 不織布によるトンネルの開閉

左:トンネル閉・ハウスサイド閉

右:トンネル開・ハウスサイド開

5月上旬頃、無加温ハウス内での降霜の危険性がほぼ無くなったと判断した時期に、トンネルおよびマルチを除去し、追肥および土寄せを行います(図8)。定植したマルチの穴部分にカッターで畝に対して縦に切り込みを入れると、マルチを除去しやすくなります。

追肥にはNK化成を用い、10a当たりN:4kg、 K_2O :4kg相当量程度を施用します。ただし、作付前の残肥がN10kg以上であった場合には、追肥は行いません。ハウスサイドは、6月上中旬頃、最低気温が $15^{\circ}C$ を回らなくなったと判断した時期以降、開放とします。マルチ除去後は、エダマメが開花期に入るため、これ以降収穫までの期間は、灌水を十分に行うようにします。



図8 トンネル・マルチの除去

低温時期の栽培であるため害虫の発生は少なく、ハウレンソウ用のハウスで防虫ネットが張ってある場合にはとくに害虫被害は少ないですが、アブラムシが多発する場合は、アグロスリン乳剤などで防除します。生育後期にハダニが発生することがあるので注意が必要で、これは圃場の乾燥を防止することで被害をある程度回避できますが、晴天で乾燥した日が続く、被害が拡大しそうでやむを得ない場合には、サンクリスタル、マラソン乳剤等で防除します。6月20日頃には収穫となります(図9)。



図9 収穫時の「たんころう」
2006年4/3播種・6/22収穫

直播栽培の栽培法

移植栽培と同様に本圃の準備を行い、移植栽培と同じようにマルチに開けた穴に 3 粒程度播種し、軽く覆土（1cm 程度）します。土が湿っているため、強く鎮圧しすぎないようにし、播種後の灌水は基本的に不要です。発芽揃い時(図 10)に間引いて最終的に 1 本立てとします。



図10 直播栽培での間引き時期

3. 期待される効果および利用上の留意点

- (1) エダマメの栽培時期及び栽培方法のマニュアルは近畿地方北部向けの栽培方法です。
- (2) 直播栽培を選択するほうが移植栽培で必要となるセルトレイや加温設備のある育苗施設が必要ないため、コストや手間の点で導入は容易と考えられます。直播栽培の場合、ハウレンソウ生産者が新たに購入する必要があるのは、エダマメ種子、トンネル用支柱、不織布、黒マルチ、ナメクジ駆除剤程度です。
- (3) 春の低温時期の栽培となるため、ハウス内のトンネルやハウスサイドの開閉が必要となる分、管理が大変と感じられるかもしれませんが、この時期にハウレンソウハウスのべと病対策としてハウスの開閉を行うような管理をしている場合や、導入するハウスを自宅から近い場所に設定した場合には、エダマメの導入により激しい労働負担増加にはならないと考えられます。
- (4) 前作候補作物として早生黒大豆系エダマメを選択しましたが、春季に栽培可能なため、夏作ハウレンソウと栽培時期が重ならず、品種として良食味である（大海 2002）ために差別化商品としての有利販売も見込まれることから、生産現場で受け入れられることが期待されます。
- (5) 前作エダマメの導入は、病害発生程度が低い段階の圃場で有効な対策技術です。病害による強度な汚染が進んだ圃場での汚染除去などには適しません。春作エダマメは、新設のハウレンソウハウスなど、病害による汚染度合いが低い段階から連作防止のために導入し、圃場の病害による汚染の進行を遅らせるために用いることが適しています。
- (6) 発生を想定している病害は、本州平地のハウレンソウ産地におけるものです。

4. 残された問題点と今後の展望

- (1) **残された問題** : 病害多発圃場でホウレンソウ作を安定させるためには別の対策が必要です。また、春作開始段階で、その圃場の夏作での病害発生程度を予測する方法の検討が必要です。
- (2) **周辺技術との兼ね合い** : 土壌物理性向上対策、圃場排水対策、夏作ホウレンソウの遮光栽培等をあわせて実施する必要があります。
- (3) **今後の展望** : 病害多発圃場であるが化学薬剤を用いたくない場合もあり、その場合の対策としては現在、太陽熱処理、還元消毒処理などが推奨されています。これらに加え、バイオフィューミゲーション処理も有望な手段とされており、その活用法の詳細について検討中です。

参考文献

- 1) 荒井 滋・岡山健夫 (1982) ホウレンソウの移植栽培法に関する研究 (第1報) 栽植密度および定植時期が生育、収量におよぼす影響について. 奈良県農業試験場研究報告 13: 31-37.
- 2) 福西 務 (1988) ホウレンソウとシュンギクの萎ちょう病とその防除. 植物防疫 42: 14-18
- 3) 藤森英樹・尾島一史 (2000) 中山間ホウレンソウ産地における連作障害回避対策の経営的評価と産地対応. 中国農試農業経営研究 128: 1-45.
- 4) 亀田修二 (1999) ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) 移植栽培法と周年連続栽培体系. 鳥取園試報 3: 37-47.
- 5) 駒田 且 (1982) 作付体系と土壌伝染性病害. 農林水産研究文献解題 9: 194-202.
- 6) 三井和子 (2006) ホウレンソウをつくる人々. まえがき. 誠文堂新光社. 東京.
- 7) 成松次郎 (2001) ホウレンソウ. p. 152-172. 川城英夫編. 新野菜づくりの実際. 葉菜. 農文協. 東京.
- 8) 西 和文 (2007) ホウレンソウの病虫害対策. 効果的な土壌消毒の基礎と実践. 農耕と園芸 62: 35-38.
- 9) 小川 奎 (1991) 連作障害、土壌病害と土壌管理. p. 106 の 1 の 1-1 の 7. 農業技術体系 土壌施肥編 5-1 土壌管理・土壌病害(1). 農文協. 東京.
- 10) 生越 明 (1994) 菌類病の耕種的防除. p. 326-327. 脇本 哲編. 総説植物病理学. 養賢堂. 東京.
- 11) 大海さつき (2002) エダマメ用早生系黒ダイズの栽培時期が収量および食味成分に及ぼす影響. 群馬園試研報 7: 1-10.
- 12) 高尾保之 (2000) ハウス栽培での品種の選択と栽培のポイント. p. 15-17. 農業技術体系 野菜編 10 マメ類・イモ類・レンコン. 農文協. 東京.

- 13) 高城保志ら (2001) チェーンポット苗移植栽培と非病原性フザリウム菌の組合せによるハウレンソウ萎周病防除技術. 東北農業研究 54: 177-178.
- 14) 竹内妙子 (2007) ハウレンソウの病虫害対策 重要病害の特徴と対策. 農耕と園芸 62: 22-26.
- 15) 棚橋一雄 (1988) 岐阜県におけるハウレンソウ土壌病害の発生生態. 植物防疫 42: 487-491.
- 16) 津田和久 (2002) 植物内生菌利用によるハウレンソウ萎ちょう病の生物防除に関する研究. 京都農研報 22: 1-35.
- 17) 吉田祐子ら (2011) 夏作ハウレンソウ前作物としての春作の早生黒大豆系エダマメ ‘たんくろう’ の栽培時期の検討. 園芸学研究 10: 61-67.

研究担当者 :

吉田 祐子 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

熊倉 裕史 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

研究協力者 :

竹原 利明 (近中四農研・生物的病害制御研究チーム)

伊藤 陽子 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

須賀 有子 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

遮光栽培したホウレンソウの収穫前の遮光除去の導入による品質向上

1. 本技術の背景と意義

アスコルビン酸含量はホウレンソウの重要な品質指標の一つです。アスコルビン酸含量は、季節や栽培方法によって変動することが知られています。季節変動としては、夏期に低含量となり（目黒ら 1991; 渡邊ら 1994）、冬期から春先にかけて高い含量となること（藤原ら 2005）が報告されています。また、栽培法では、冬季の寒締め栽培による低温処理によりアスコルビン酸含量が増加することなどが知られています（加藤ら 1995）。

夏期の栽培法としては、代表的なものとして遮光栽培があります。ホウレンソウは夏期の高温下での生育が不安定であるため（亀田 1999）、生育環境温度を下げ（成松 1996）、草丈の伸長を確保するために遮光栽培が行われます。

遮光栽培では、無遮光の場合と比較してアスコルビン酸含量が低下します（井上ら 2000; 菅原 1939）。しかし、収穫前に遮光資材を除去すると、アスコルビン酸含量は遮光しない場合と同等レベルまで回復することが報告されており（渡辺ら 2004）、夏期にホウレンソウの生育を確保した上で、アスコルビン酸含量の高いホウレンソウを収穫することが求められています（井上ら 2000）。

しかし、生産現場では収穫前に遮光除去を行うことは現在一般的ではなく、遮光除去後、どの程度の期間置いてから収穫すればアスコルビン酸含量が回復するのかについては、これまでの研究では十分な知見が得られていません。

そこで、ホウレンソウの遮光栽培における遮光除去後のアスコルビン酸含量回復に必要な期間を検討しました。また、遮光により外観の葉色が薄い、徒長気味の生育のため株重が小さい傾向にある、といった問題点の改善に必要な期間も解明するために、遮光除去後の外観品質の変動を検討しました。また、遮光が生育確保に最も有効な生育段階・期間も検討しました。

さらに、ホウレンソウのアスコルビン酸含量には、収穫前の天候による日射量の変化が影響を及ぼしている可能性が高いと考えられたため、アスコルビン酸含量の短期的変動に対する収穫前の日射量の影響を検討しました。

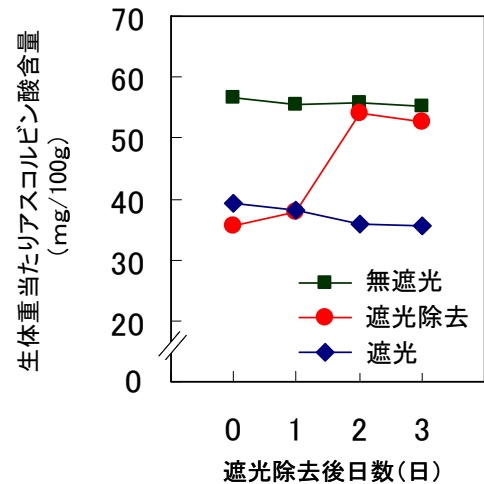
最終的には、得られた知見を総合したアスコルビン酸含量向上のための新たな遮光栽培法を提案し、この栽培法の産地実証試験を行うことにより、提案した栽培法の実用性を検証しました。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 出荷に必要な草丈確保および品質向上のために必要な情報

①遮光除去後のアスコルビン酸含量の変動

遮光除去後、実質 1 日でアスコルビン酸含量が増加し、遮光除去前の 1.2~1.4 倍となりました(図 1)。遮光除去のアスコルビン酸含量の変動は乾物重当たりでも生じており、植物体の水分含量ではなく、主にアスコルビン酸含量そのものの変動により生じていると考えられました。



②天候の変化によるアスコルビン酸含量の変動

午前 9 時に収穫したホウレンソウのアスコルビン酸含量は毎日変動し、収穫前日の日積算日射量との相関が高いことが分かりました(図 2)。

図1 遮光除去後のアスコルビン酸含量の変動^z

^z 6/28播種、7/27-30の午前9時収穫、「遮光除去後0日目」の夕方に遮光資材を除去した。

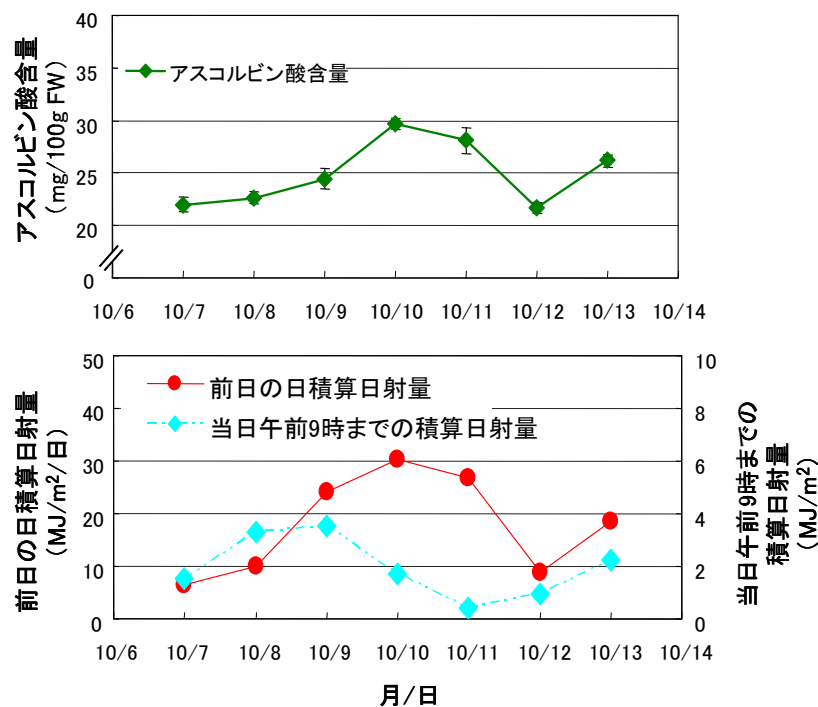


図2 収穫前日および収穫当日の日の出から午前9時までの積算日射量と午前9時収穫時のアスコルビン酸含量の比較^z

^z 縦線は標準誤差 (n=5)

1 日以下のさらに短時間での変動も調査したところ、午前 9 時に収穫した場合、収穫前日夕方の含量の傾向が維持され、収穫当日の日射量による影響は小さいものでした。よって、アスコルビン酸含量の高いハウレンソウを午前中に出荷するためには、日射量の多かった日の翌日の収穫が望ましいと考えられました。

③遮光除去後の外観品質の変動

株重・葉色といったハウレンソウの外観品質の向上には、遮光除去後、7～10 日程度を要することが分かりました(図 3)。

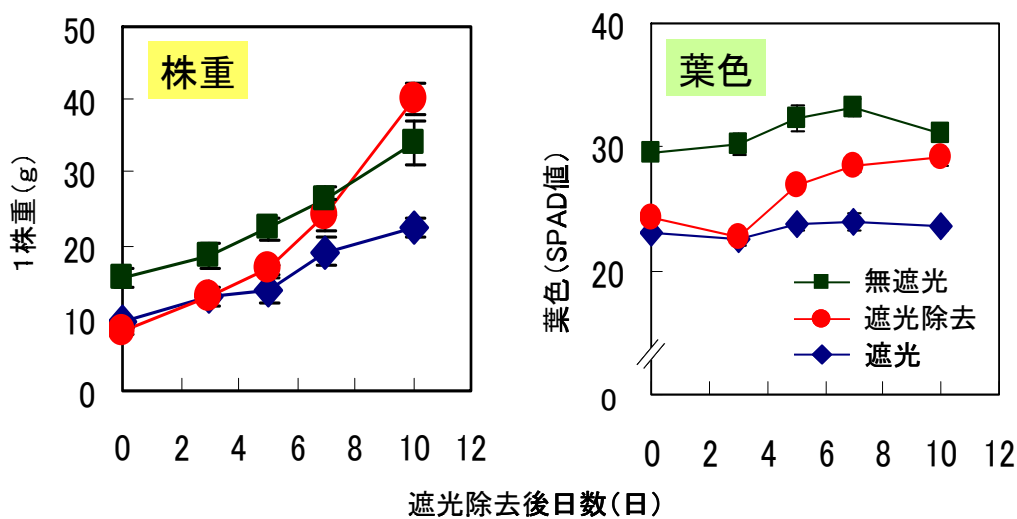


図3 遮光除去後の株重および葉色の変動²

² 7/25-8/4収穫, 「遮光除去後0日目」の朝に調査後、遮光資材を除去した。
縦線は標準誤差(n=6)

④草丈の確保の上で効果的な遮光栽培法の検討

遮光を行った生育段階・期間がハウレンソウの生育に及ぼす影響を調査しました。その結果、遮光除去すると、それ以降の草丈の伸長が遅くなるため、草丈の小さいうちに遮光除去したものほど最終収穫時の草丈が低くなることが分かりました。そのため、出荷に必要な草丈を確保するためには、できる限り収穫期近くまで遮光する必要があると考えられました。草丈 20cm 程度で遮光除去すると、設定した遮光除去時期の中では最も草丈の伸長に対する影響は小さくなりました。

⑤草丈を確保した上でアスコルビン酸含量、株重・葉色を向上させる遮光栽培法の実用性の検証

遮光栽培したハウレンソウで、草丈を確保した上で、アスコルビン酸含量、株重・葉色を向上させる栽培方法として、「草丈 20cm 程度で遮光除去し、7～10 日経過後

の晴天日の翌日に収穫する方法」を提案します。この新たな遮光栽培法の実用性を、産地実証試験により確認した結果を図4に示します。

産地実証試験を行った産地では、出荷可能となるのは草丈 20cm 以上ですが、草丈 25~30cm の範囲の L サイズのものが最も高値となるため、遮光除去後 8~9 日経過し、遮光除去区の品質が改善したこれらの時点から収穫を開始する事が適当であると考えられました。以上から、提案した「収穫前の遮光除去処理の導入により、出荷に必要な草丈を確保した上でアスコルビン酸含量、株重・葉色を向上させる遮光栽培法」が実用的に適用可能であることを確認できました。

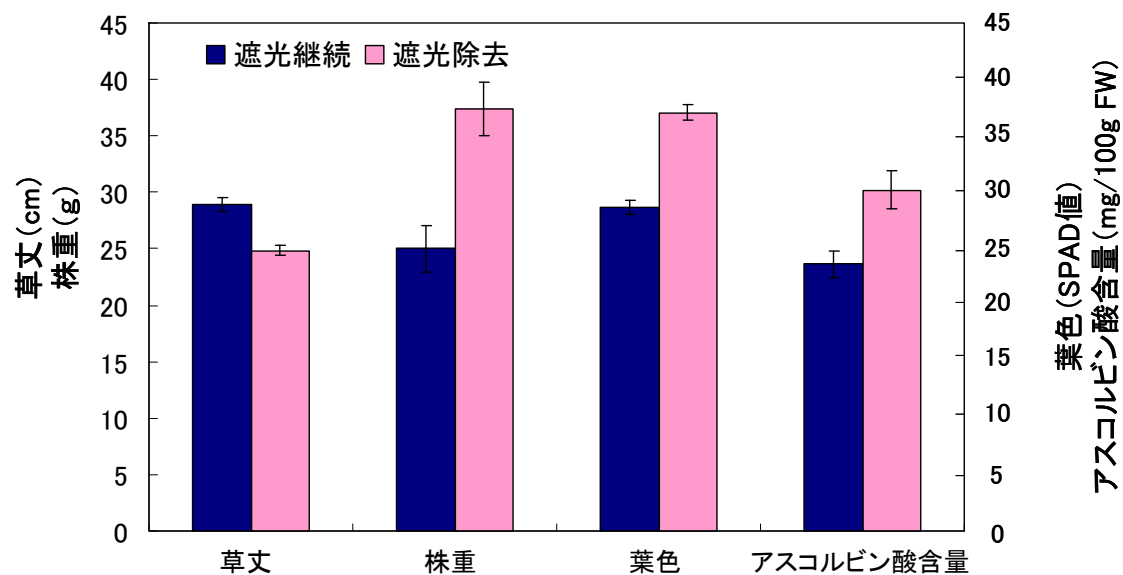


図4 収穫前の遮光除去による草丈、株重、葉色およびアスコルビン酸含量の変化²

²縦線は標準誤差(草丈、株重および葉色:n=9、アスコルビン酸含量:n=3)

データは7/31日播種の栽培で、遮光除去後9日目である9/11における測定値である。

- ・遮光継続区(慣行区)の草丈は約29cmに達したのに対し、遮光除去区では約25cmであった。
- ・株重、葉色はいずれも遮光継続区と比較して遮光除去区で高く、目視でも株張りや緑色が十分に改善していると認められた。
- ・アスコルビン酸含量も、遮光継続区の約24mgに比べて遮光除去区では約30mgと高く、改善効果があった。
- ・8/7、8/14播種の栽培でも同様の結果となった。

2-2. 草丈の伸長を確保した上で品質を向上させるための栽培方法の実際

- ①夏作ハウレンソウにおける病害の発生を防止するために、太陽熱処理の実施を推奨しています。播種の約1ヶ月前にエンバク、ソルゴーなどの植物残渣をハウス内土壌に混和したうえで盛夏期の栽培でN換算10kg/10a程度を施肥(残肥がある場合はその分を減肥します)し、耕耘・畝立て・畝の成型を行います。このと

き畝幅は播種面が 110cm となるようにします。

②畝上に灌水チューブで 2～3 時間程度灌水し、地面に太陽熱消毒用ビニール被覆してハウスを締め切って約 4 週間置きます(図 5)。



図5 ホウレンソウ作付前の太陽熱消毒処理

③播種 1～2 日前にハウスサイドを開放し、太陽熱消毒用ビニールを除去して、畝表面を播種機が使用可能な程度に軽くレーキなどでほぐして整地しておきます。

④ホウレンソウ種子をベルト式の播種機を用いて播種します。栽植様式は、畝幅 110cm、条間 17cm・株間 6cm の 6 条植え程度とします。

⑤播種後、灌水チューブを畝上へ設置し、作土の範囲である深さ 15～20cm 程度まで十分に水が行き渡るまで (3～4 時間) 灌水します。

⑥慣行では、遮光資材は雨よけハウス屋根上へ設置しますが(図 6)、この設置方法では、遮光除去処理やその後の再設置は困難です。本栽培技術では、収穫前の遮光除去処理を容易にするためには、遮光資材の雨よけハウス内への設置が望ましく、例えば、本マニュアルに示したようなトンネル状の設置方法があります(図 7)。灌水終了後、ハウス内に長さ 2.4m の支柱を用いてトンネルを作成し、1 畝ごとに遮光します。



図6 慣行の遮光資材のハウス屋根上への設置方法



図7 遮光資材の雨よけハウス内へのトンネル状の設置方法

⑦遮光資材はネット状の遮光率 45% のものを用い、遮光資材の幅は 170cm 程度が適当です。灌水は、遮光資材を設置したまま行って問題ありません。

⑧薬剤防除時には、遮光資材をめくるようにして散布します。盛夏期の栽培でハウスに防虫ネットが張ってある場合には、害虫の被害は少ない傾向ですが、初夏以降アザミウマや晩夏以降にはヨトウムシやシロオビノメイガの発生がみられることがあります。発生初期または予防措置的にアグロスリン乳剤やカスケード乳剤、アフーム乳剤等で防除します。

⑨草丈約 20cm に達した時点で、遮光資材を除去します(図 8)。遮光除後、とくに遮光除去直後は葉やけ等に注意します(適宜葉水を行うなど)。

⑩遮光除去後、7~10 日経過後の、晴天で日射量が十分あった日の翌日午前中に収穫・出荷します。



図8 遮光資材の除去

3. 期待される効果および利用上の留意点

(1) 梅雨明け後～秋冷前の高温期のハウレンソウ栽培に適用する技術です。

(2) 慣行の遮光資材のハウス屋根への設置方法では、設置・除去は作業の効率と安全上 2 人以上で行うことが望ましく、遮光資材はハウスにバンドなどで結束して固定するのに対し、ハウス内へのトンネル状の設置方法では作業員 1 人で被覆・除去が可能で、遮光資材の支柱への固定方法も洗濯ばさみによる簡易なものであることから、生育状況に合わせた畝ごとの遮光除去処理や次作のための再設置が容易となります。ハウス内へのトンネル状の遮光資材の設置による収量への影響は、産地実証試験において特に指摘されていません。このため、ハウス内へのトンネル状の設置方法は遮光除去と再設置を容易にするための一つの方法として挙げられます。ただし、支柱の設置・回収作業が必要で、通路を広め取る必要があるため、ハウス内に通路がほとんどない産地には適さないといった面もあります。遮光カーテン設備などがあれば、それを活用することも考えられます。

(3) 提案した栽培方法により、高温期の草丈の確保のために行われる遮光による問題点である、アスコルビン酸含量の減少、葉色が薄い、株重が減少するなどの点を改善できます。

(4) アスコルビン酸含量については小型反射式光度計を用いた試験紙による簡易な測定方法があり、生産現場で十分測定可能であるため、品質を保証したハウレン

ソウが出荷可能です。糖度や抗酸化力を表示した商品の販売が開始された（日経 MJ 2008）との報告もあり、今後アスコルビン酸含量のような内部品質を保証した野菜の新たな高付加価値商品としての利用可能性が期待されます。

- (5) 遮光資材は遮光率 45%のものとしましたが、これは現在の近畿地方平地の産地での最適な遮光率です。地域が異なれば最適な遮光率は異なります。また、同一の地域であっても、温暖化の進行などの気象条件の変化に伴い、今後、最適な遮光率が変化する可能性もあります。

4. 残された問題点と今後の展望

夏期高温期のハウレンソウ安定生産のためには、虫害防止、土壌病害防止、塩類集積防止、土壌物理性向上対策、圃場排水対策等を総合的に取り組むことが大切です。本技術に関しては、遮光による硝酸含量増加の問題、温度・日照の急激な変化に対応可能な遮光栽培法の確立などについて引き続き検討が必要と考えています。

※ 本技術開発の一部は、農林水産省委託プロ「温暖化」（課題番号：42130、2008～2009年度；野菜茶業研究所業務用野菜研究チーム・岡田邦彦氏と共同担当）において実施したものです。

参考文献

- 1) 藤原隆広ら（2005）市販ハウレンソウの L-アスコルビン酸および硝酸塩含量の周年変動．園学研 4: 347-352.
- 2) 井上昭司ら（2000）環境改善によるハウレンソウ生産の安定化．中国農研報 21: 13-40.
- 3) 亀田修二（1999）ハウレンソウ(*Spinacia oleracea* L.) 移植栽培法と周年連続栽培体系．鳥取園試報 3: 37-47.
- 4) 加藤忠司ら（1995）冬期ハウス栽培ハウレンソウのビタミン C、β-カロテン、トコフェロールおよびシュウ酸含有量に対する外気低温の影響．土肥誌 66: 563-565.
- 5) 目黒孝司ら（1991）夏どりハウレンソウの内部品質指標．土肥誌 62: 435-438.
- 6) 成松次郎（1996）光環境と生育調節．基礎編 p. 124. 農業技術体系 野菜編 7. ハウレンソウ．農文教．東京.
- 7) 日経 MJ（2008）生鮮卸のデリカフーズ 野菜小売りに参入．2008年5月19日掲載.
- 8) 菅原友太（1939）菠薐草のアスコルビン酸（ビタミン C）含有量に関する研究．園学雑 10: 189-197.

- 9) 渡辺 久ら (2004) 土壌水分及び光環境の調節によるビタミン C を多く含む夏期ホウレンソウの安定生産技術. 愛媛農試研報 38: 41-45.
- 10) 渡邊容子ら (1994) 夏期および秋期栽培ホウレンソウの生育過程における部位別成分について. 園学雑 62: 889-895.
- 11) 吉田祐子ら (2008) 遮光栽培したホウレンソウにおけるアスコルビン酸含量の遮光除去後の変動. 園学研 7: 399-405.
- 12) 吉田祐子・浜本 浩 (2010) 日射量と気温の短期的変動がホウレンソウのアスコルビン酸含量の変動に及ぼす影響. 園学研 9: 333-338.

研究担当者 :

吉田 祐子 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

浜本 浩 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

畝立て・施肥・マルチの同時作業を対象とした速度連動施肥制御システム

1. 本技術の背景と意義

近年の肥料価格の高騰対策や農業の環境負荷低減が求められているなか、必要とされる肥料を無駄なく精度良く施用することが重要です。施肥量削減、作業時間短縮のメリットが数多く報告されている畝内施用では、高い精度で施肥を行う必要があります。このためには肥料の種類や圃場条件、走行速度の違いにより施肥機の設定を適切に設定しなければなりません。キャリブレーションや速度測定等が複雑だと、十分な調整が行われない場合もあります。したがって、施肥機自体の散布精度向上だけではなく、運用面での利便性を向上させることが肥料の無駄を減らし、環境負荷低減に繋がります。このため、設定情報入力の手間削減のための電子化と、拡張性の高い計測制御を両立させるため、車両内情報の通信規格として自動車等で実績のある CAN (コントローラ エリア ネットワーク) を利用し、簡易な入力方法で高精度の肥料繰出制御が可能な電子制御機器を開発しました。研究機関やメーカーの技術者が、施肥機に速度連動繰出制御機能を付与するのに活用できます。

2. 開発した技術の概要と使用方法

・本システムは速度や走行距離を測定する速度距離計 ECU (電気制御ユニット)、速度情報と設定されたパラメータによって肥料繰出し用のモータへの出力電圧を制御する繰出制御 ECU、繰出ロールの回転速度を計測する回転計 ECU と、速度の表示や施肥量等のパラメータを入力する入力表示 ECU で構成されます (図 1)。

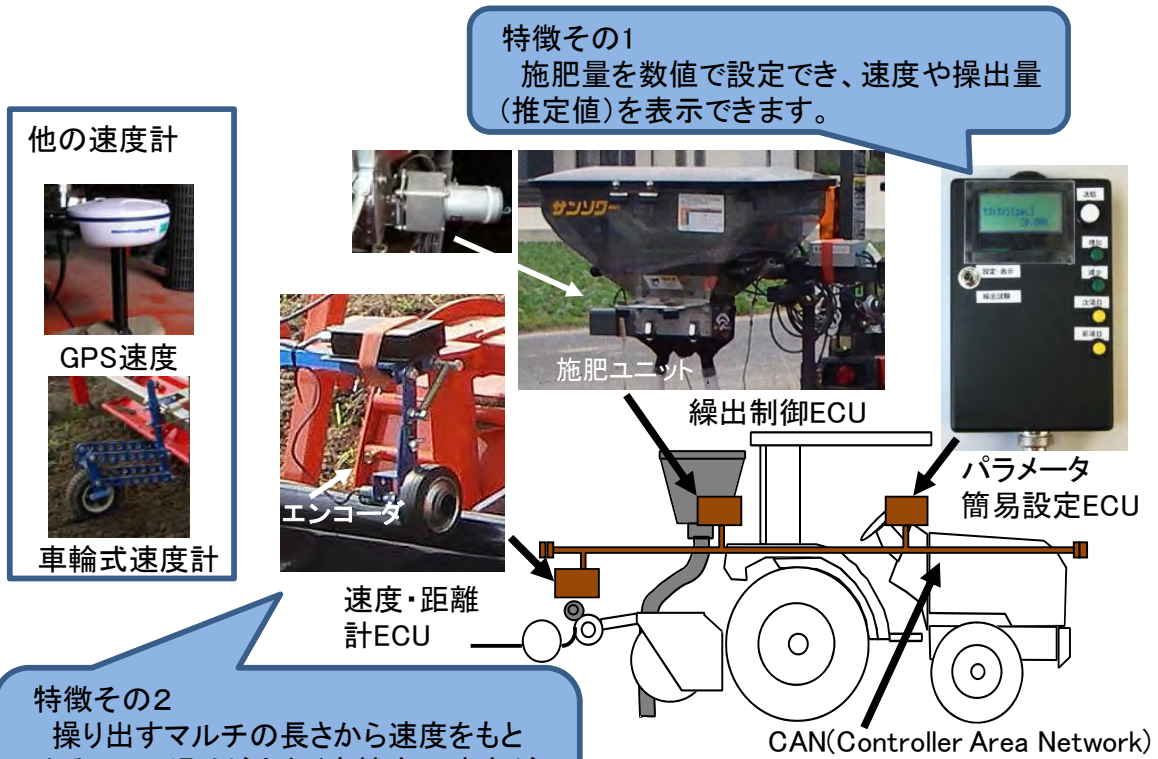
・本システムは畝立て・畝内施肥・マルチの同時作業を行う多様な作業機に搭載して利用できます (図 2)。

・速度距離計 ECU はビニールマルチに接したゴム製の転動輪の回転数をロータリーエンコーダで計測しているため、トラクタのスリップの影響を受けず、走行開始や停止の際に走行速度情報に対して応答の早い繰出制御が可能です。

・パラメータ簡易設定 ECU を用いたシステムでは 4 段階の速度に対応した肥料の繰出試験とパラメータの調整が 5 分程度で行えます (図 3)。

・トラクタ直装型で畝立て・畝内施肥・マルチの同時作業を行う作業機に搭載し施用試験を行ったところ、速度距離計の誤差は 1% 以内と小さく、施用量の誤差も粒

状化成肥料で 4%以内でした(表 1)。また、作業直前に肥料の繰出試験を行うこと、有機ペレット肥料の施用量誤差も 3%以内になりました(表 2)。



特徴その2
 操り出すマルチの長さから速度をもとめるので、滑りが少なく高精度の速度が計測できます。他のタイプの手速度計もCANに接続することで利用できます。

図1 速度連動型施肥制御システムの概要

特徴その3
 自由なレイアウトでいろんな機械に取り付けられます。



歩行型畝立て施肥マルチャ (近中四農研試作機)

乗用型畝立て施肥マルチャ(K社)

歩行型畝立て施肥マルチャ (Y社)

図2 本システムを搭載した試験機例(ECU:電子制御ユニット)



図3 パラメータ簡易設定ECU概要と操作の流れ

表1 開発システムの繰出精度例(2008)

設定 施用量 kg/10a	実施用量 kg/10a	走行距離 実測値 m	速度距離計 計測走行距離 m
144	139 (-3.5)	52.4	52.81 (0.8)
108	106 (-1.9)	52.2	52.39 (0.4)

施用試験は16.5psのトラクタを使用し、2つの施肥ユニット(J社V-R10)により、粒状の化学肥料(見た目の比重0.91)を、1.35mの畝内に走行速度約0.18m/sで施用した。括弧内は設定値に対する誤差の割合を百分率(%)で表示した。

表2 開発システムの繰出精度例(2010)

走行速度 (m/s)	設定量 (kg/10a)	平均 実施用量 (kg/10a)	RMSE n=16
0.07-0.17	533	533.2	4.95

操出試験は2つの施肥ユニット(J社V-R10)を使用し、1ユニットの散布幅を42cmとして、4段階の速度で約10mの走行試験を速度毎に2回実施した。試験には有機ペレット肥料(見た目の比重0.75、底面の直径約4mm)を散布した。

3. 期待される効果、利用上の留意点

電源を持たない小型の機械で利用する際には、バッテリー等の12V電源を用意する必要があります。また、DCモータの回転速度により散布量の制御が可能な施肥ユニットに利用できますが、散布可能な肥料の種類および散布精度は接続する施肥ユニットの性能に準じます。

4. 残された問題点と今後の展望

本システムは試作機であり、市販化はされていません。しかし、CANを用いた農業車両用の通信規格である国際規格ISO11783の普及が外国の大型の農業機械で始まり、国内メーカーにおいても対応が検討されているところです。これらの普及浸透によりネットワーク自体が農業機械内に構築されていれば、本システムの導入がより容易になります。また、作業情報がネットワーク上で収集可能であるため、作業

情報の確認が可能であり、GAP への対応や、施用量の設定が電子情報で行われるため将来的な可変施肥等への利用も容易になります。

参考文献

- 1) ISO11783-7 (2002) Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network —Part 7 : Implement messages application layer.
- 2) 奥野林太郎 (2006) 施肥量設定の簡易化のための施肥用 ECU の開発. 農業環境工学関連 7 学会 2006 年合同大会講演要旨集(CD)
- 3) 奥野林太郎 (2008) CAN を介した制御による肥料の繰出試験システム. 農業機械学会第 67 回年次大会講演要旨集 P99-100
- 4) 奥野林太郎 (2008) 農業機械での計測制御のためのネットワークシステム. 近中四農研ニュース 30, P4
- 5) 奥野林太郎ら (2009) 畝立て・施肥・マルチの同時作業を対象とした速度連動施肥制御システム. 平成 20 年度 近畿中国四国農業研究成果情報 (技術・参考) <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2008/12wenarc/wenarc08-07.html>
- 6) 奥野林太郎ら (2009) 畝立て・施肥・マルチの同時作業を対象とした速度連動施肥制御システム. 平成 20 年度 近畿中国四国地域における新技術
- 7) 奥野林太郎 (2009) 速度連動施肥制御システム. 職務作成プログラム, 機構-N02、2009.08.19

研究担当者 :

- 奥野 林太郎 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
窪田 潤 (近中四農研・中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム)
亀井 雅浩 (近中四農研・中山間耕畜連携・水田輪作研究チーム)
池田 順一 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

育苗の分業・省力化を可能にする幼苗セル成型苗を利用した促成イチゴの地床栽培技術

1. 本技術の背景と意義

促成イチゴの育苗は、親株を含めた養生期間が長く前作の収穫期と作業が重なり、労力負担が大きいという問題があります。このような面から、経営規模の大小に関わらず「育苗作業の省力化」、あるいは「果実生産と育苗の分業化」を望む声が以前から少なくありませんでした。そこで育苗の省力化はもとより、将来的な育苗の分業化を見据えて、小型で大量生産が可能なセル成型苗を利用した地床栽培技術の開発を試みました。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 幼苗セル成型苗の作成（セル成型苗とは？）

- ・空中採苗方式によって親株から発生したランナー子株を、本葉が 2～3 枚展開したところで一斉に採苗して、専用培土（商品名「与作」、ジェイカムアグリ㈱；N：P₂O₅：K₂O=3：10：3）を詰めた 72 穴の丸型セルトレイに挿します。

- ・遮光資材などを使用して、日射や乾燥に注意しながら葉水程度の灌水を繰り返して発根を促します。

- ・約 20 日間育苗すると、草丈約 10～15cm、葉数が 3～4 枚、根鉢が形成され培土が崩れることなく、手で簡単に引き抜けるような苗になります。これがイチゴの幼苗セル成型苗（セル苗）です(図 1)。

- ・本研究では、将来的な商品としてのイチゴのセル成型苗をイメージ(図 2)して、

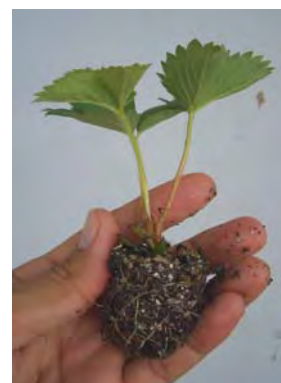


図1 幼苗セル成型苗（セル苗）



図2 段ボール箱で送られてきたセル苗の荷姿イメージ（左）と1トレイ72株のセル苗（とちおとめ、右）

育苗期間や苗の生育、多品種への適応性などの面から、72 穴の丸型セルトレイ（商品名「プラグマスター」、日新農工産業）を採用しています。

2-2. セル苗を二次的に育苗せず直接定植する手順（花芽が未分化の状態）

作成または入手したセル苗を、頂花房を花芽分化させず、早期に直接圃場に定植する手順は図 3 の通りです。定植の 1 週間前には基肥を施用し畝立てを行い、圃場の準備を整えておきます。また定植前に十分灌水しておきます。



図 3 セル成型苗の早期直接定植の作業手順

2-3. 直接定植の時期と収穫時期の関係

・セル苗を早期に花芽が未分化のまま直接定植する場合、ポット苗で実施されているような窒素中断処理が難しいため、施肥の時期や施肥量を工夫しないと、通常のポット苗定植より出蕾日、収穫日を早くすることは困難です（表 1）。

・また、頂花房の分化・出蕾は花芽分化時期にあたる 9 月の気温に大きく左右され、それに伴い収穫期も影響を受けるので注意が必要です（表 2）。

表1 各品種におけるセル苗およびポット苗の頂花房出蕾日と収穫開始日(2008年)

苗の形態 品種	セル苗(8/31定植)			ポット苗(9/5定植)		
	章姫	とちおとめ	紅ほっぺ	章姫	とちおとめ	紅ほっぺ
出蕾日	10/31	11/5	11/5	10/26	10/28	11/1
収穫開始日	1/10	1/22	1/26	12/25	1/5	1/5

※1: 京都府綾部市(北緯35° 17'、東経135° 16'、標高60.5m)におけるデータ。

※2: セル苗の採苗日は8月11日、ポット苗は7月7日である。

※3: パイプハウスの屋根ビニルは展張したまま、遮光率45%の遮光資材を定植時から9月末まで展張した。

※4: 定植前の土壌の硝酸態窒素量は5~8mg/100g乾土であり、基肥には初期抑制型被覆肥料(シグマコートS200・6M)を使用した。

表2 各品種の3年間の頂花房出蕾日、収穫開始日と9月の平均外気温

品 種	2006年	2007年	2008年
	頂花房出蕾日		
	頂花房収穫開始日		
章 姫	10/23	11/10	10/30
	12/18	1/17	12/29
とちおとめ	10/23	11/7	11/1
	12/28	1/11	1/5
紅ほっぺ	10/28	11/8	11/3
	1/4	1/8	1/5
9月の平均 外気温(°C)	21.9	24.7	22.5

※1: 各年の定植日は2006年が7月31日、2007年、2008年が8月1日である。

※2: パイプハウスの屋根ビニルは展張したまま、遮光率45%の遮光資材を定植時から10月10日頃まで展張した(2008年は9月末まで)。

※3: 定植前の土壌の硝酸態窒素量は5~8mg/100g乾土であり、基肥には初期抑制型被覆肥料(シグマコートS200・6M)を使用した。

・セル苗の直接定植時期と収穫時期などについて‘章姫’を例にまとめたものが表3です。通常のパット苗の定植適期である9月中旬は、セル苗の定植においても頂花房の出蕾・開花が揃い、最適期にあたります。しかし、活着と花芽の発育が同時に進行するため、頂花房の適正な摘花を実施し、株の成り疲れ回避に努める必要があります。早期定植を実施する場合には、梅雨明け後の本格的に暑くなる直前(8月上旬頃)に定植することで、頂花房の出蕾・開花が比較的揃うと考えられます(※京都府綾部市の気候条件で)。このほかの時期の定植は、通常のパット苗に比べて、収穫開始時期が遅れる可能性が高まりますが、定植・収穫時期の分散化、それに伴う労力負担の分散化などを目的に、早期に定植することは有効と考えられます。

・セル苗を定植した場合の収穫始期は、花芽分化が 8～9 月の気温に左右されるため、ポット苗に比べて変動が大きいことが考えられます。‘章姫’以外の品種については、‘とちおとめ’と‘紅ほっぺ’は、‘章姫’とほとんど同様な生育を示しますが、それぞれの品種のポット苗と比べた場合、花芽分化の遅れとばらつきがやや大きくなる傾向があります。

表3 花芽が未分化のセル成型苗を直接定植する場合の目安表
(「章姫」を作付けする場合)

採苗時期の 目安	花芽未分化セル成型苗の定植時期								普通ポット 苗との出 蕾時期の 比較	出蕾・開 花のばら つき程度 ²	頂花房の 収穫 開始期	定植時期による生育の特徴と留意点 ³ (9月の気温が18～21℃地域での目安)
	8月				9月							
	下	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下					
7月上旬									20日遅	大	1月中下旬	株は充実するが、頂花房の着果負担が大きく、適正な摘果作業が必要。夏場の育苗作業の大幅削減を図りたい場合の作型。
7月中旬									10日遅	小	12月下旬～1月中旬	ポット苗に比べて頂花房の出蕾は10日後遅れるが、揃い・株張りとも良好。9月の気温次第では年内収量も見込める。
7月下旬～ 8月上旬									15～ 20日遅	やや大	1月上旬～ 下旬	8月上旬定植より一週間程度出蕾が遅れ、ある程度ばらつく。年明けからの出荷に適する。二次育苗で9月上旬定植も良。
8月中旬									10日遅	やや大	12月下旬 ～1月中旬	頂花房の出蕾はポット苗に比べて10日程度遅れる。花芽分化が多少ばらつくが、年内収穫も見込める作型。
8月下旬～ 9月上旬									同時期	小	12月中旬	ポット苗とほぼ同時期に出蕾。揃いもよく12月中下旬に収穫開始可能。着果負担による成り疲れや芯止まりに注意。

²ばらつき程度:「大」=全株の出蕾・開花に20日以上要する。「やや大」=同10～20日要する、「小」=10日以内に全株が出蕾・開花。

³夏場に屋根ビニルを外さず、遮光率50%程度の被覆資材を展張。基肥施用前の土壌中の硝酸態窒素量が5mg/100g乾土程度の場合を想定。

3. 本技術の利点、留意点と活用(期待される効果、利用上の留意点)

3-1. 育苗に要する労力が軽減される

セル苗は育苗日数が 20 日程度で、従来のポット育苗の 60～90 日程度に対して、非常に省力化が図られます。培土が少量で軽いため運搬や定植作業も省力的です。将来的にセル苗を利用して育苗が分業化されれば、育苗労力はほぼゼロとなり、精神的・身体的なストレスからの解放だけでなく、前作の収穫期の延長や経営規模拡大が可能となります。また、果実生産のみに注力できることで、高齢者などの零細な経営であっても長く続けることができます。

3-2. 定植作業が簡単

セル苗直接定植に要する時間の目安は、2名で作業する場合、600株(1a程度)定植するのに約90分であり、これは従来のポット苗を定植する際に要する時間の約半分になります。

3-3. 早期の直接定植作型を導入することで労力の分散化が可能

セル苗を利用して早期に直接定植する作型は、従来の促成栽培作型に比べて年内収量への期待度は低くなりますが、促成栽培作型と併用して導入することにより、定植の繁忙期（9月中旬）の労力分散を図ることが可能です。また、定植時期を分散させることにより、収穫時期のピークも分散して、経営全体での出荷の谷間が回避され、長期的に安定した雇用が可能となります。

3-4. セル苗を育苗する日数に注意が必要

・セル苗は育苗日数が長くなると、限られた培土量のためセル内の根巻きがひどくなり、苗が老化して新根の発生が抑制されます。このような老化苗は定植後の活着が悪く初期の生育が劣り、頂花房の収量が低下してしまいます（表4、図3）。

表4 育苗日数の違いが定植20日後の成育に及ぼす影響

育苗日数	クラウン径(mm)	展開第2葉			地上部生体重(g)	引抜抵抗(g)
		葉身長(cm)	葉幅(cm)	葉柄長(cm)		
40日	6.4	4.4	3.6	7.9	2.78	839.0
30日	7.1	4.4	3.4	7.2	3.01	940.0
20日	7.2	5.2	4.5	8.9	4.12	1026.4

※1: 品種は‘紅ほっぺ’。定植20日後に形態計測と引抜抵抗値を測定。

※2: 育苗日数が20日とはセル苗到着時を指す。30日、40日はその後10日または20日間セル苗の状態で育苗したことを指す。

※3: 引抜抵抗値が高いほど、根が活着していることを表す。

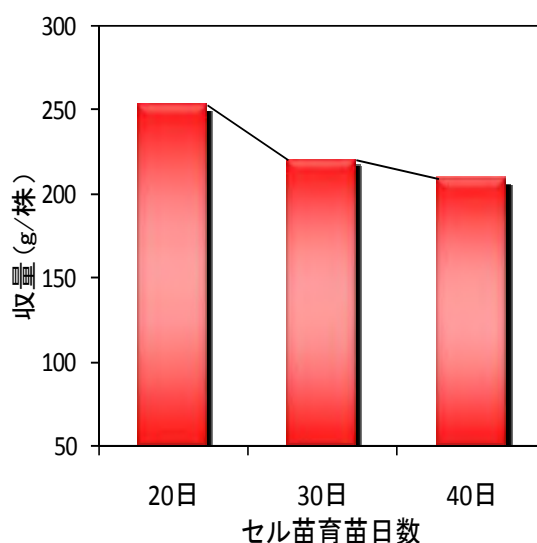


図3 育苗日数が頂花房収量に及ぼす影響

- ・育苗日数が 20～30 日の間で、適度に根鉢が形成されたセル苗を、できるだけ涼しくなる夕方以降に定植します。

- ・育苗日数が 20 日を過ぎると、培土中の肥料が切れてくるので、薄めの液肥を一度与えます。(目安: 1 トレイ 72 株あたり大塚 A 処方の 1/2 単位養液を 1 リットル)。

3-5. 二次育苗について

- ・定植適期（育苗日数 20～30 日）のセル苗を、何らかの理由で 10 日以上定植できない場合、または早期に入手したセル成型苗を利用して従来のポット苗と同様な促成栽培作型として利用したい場合には、セル苗をポリポットなどに移植して二次的な育苗（二次育苗）を行います。

- ・二次育苗を実施する日数（定植日までの日数）によって移植するポットサイズを選択して、苗の老化防止や定植時の作業性向上に努めることが重要です。二次育苗日数が 10～20 日の場合は 7.5～9.0cm ポット、20～30 日の場合は 9.0cm ポット、30 日以上となる場合は 10.5cm ポットが目安です。

- ・二次育苗した苗は、定植前に窒素中断処理が可能となるため、9 月中旬に定植することで通常のポット育苗の作型と同時期の頂花房の収穫開始が見込めます。

3-6. 定植時の土壌窒素を制御しておく

前作の肥料の残りなど、定植前の本圃の土壌中の窒素量が多いと、頂花房の花芽分化時期が遅れるため、休閑期（夏場）に緑肥植物を植えて吸肥させたり、雨水等で肥料分を流すことが必要です。基肥施用前に簡易な計測器（HORIBA コンパクト硝酸イオンメータ（B-432 土壌用）など）で土壌中の窒素量（硝酸態窒素）を測定し把握しておくが良いです。目安として土壌中の硝酸態窒素量が 5mg/100g 乾土程度以下が望ましく、これを上回る場合は、基肥量を控え定植時期を遅らせるなどの対策をとります。

4. 残された問題点と今後の展望

本技術は、セル成型苗を自家育苗で作る場合には、特に困難な問題はありません。空中栽苗棚や育苗スペースなどが整っていて、挿し苗による苗の増殖の知識があれば、すぐに実施できるでしょう。ただし、育苗の手間が省ける一方で、早期定植した場合には収穫期が従来の促成栽培より遅れる点について、今後、対策技術の開発が必要となります。高設栽培では、定植した後で体内窒素濃度を調整したり、植物

体周辺の温度を制御することが比較的容易なので、この課題の克服が容易と思われます。

イチゴの促成栽培では、将来的には「果実生産と育苗の分業化」に向かうと思われます。しかし、病害虫リスクの極めて低い健全な苗を、長期的に大量生産するという段階に至るまでには、今しばらく時間がかかると予測され、今後のさらなる技術革新に期待するところです。

※ 本技術開発は、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業；(18050) イチゴ幼苗セル成型苗の長期大量生産技術と利用体系の開発」の助成を受けて実施されたものです。

参考文献

山崎敬亮ら（2011）72 穴セル成型苗を利用したイチゴ促成栽培における育苗条件および圃場の窒素量が生育や収量に及ぼす影響. 園学研（投稿中） .

研究担当者：

山崎 敬亮（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム）

熊倉 裕史（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム）

気化潜熱を利用してイチゴ高設栽培における培地の昇温を抑え収穫の中休みを軽減する

1. 本技術の背景と意義


冷涼な気候を好むイチゴは、昨今の気候温暖化により秋期の花芽分化が遅れ、促成栽培では収量の減少が問題となりつつあります。特に 11 月からの早期出荷を目指す作型では、定植前に人工的に花芽を分化させた第 1 花房（頂花房）と、定植後に自然条件下で花芽が分化する第 2 花房（一次腋花房）との間に、約 2 ヶ月もの出荷の谷間、すなわち「収穫の中休み」が発生することが問題となっています。

このような早期出荷を目指す作型では、定植時期は 8 月下旬から 9 月上旬で、残暑期にあたります。そのため、定植後の自然条件下で分化する第 2 花房は、高温のせいで簡単には分化することができず、その結果として収穫の中休みが発生してしまいます。今後、温暖化が進行すればこの問題がますます深刻化するため、早急な対策が必要です。

そこで本研究では、今後も普及が見込まれる高設栽培において、自然発生的な熱量である「気化潜熱」に着目して培地の昇温を抑制する技術を開発してきました。さらに、温暖化に適応するだけでなく、将来的なイチゴ栽培の産地シフトも考慮して、中山間地域の中小規模経営においても導入・普及が可能な簡便で低コストな生産技術ということも念頭に開発を試みました。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 気化潜熱の利用

夏場に涼を得るために、庭先に水をまく「打ち水」という風習があります。本研究で開発した培地の昇温抑制機構は、この「打ち水」効果の原理である「気化潜熱」を利用した方法です。「気化潜熱」による具体的な冷却のしくみは、 図 1 の通りです。水が液体から気体へ状態変化（気化）するためには熱量が必要です。この気化に要する熱量が「気化潜熱」であり、その時の水温によりその熱量は異なります。この熱量は水が接している空間や面から供給されるため、熱量を奪われる空間や面は、奪われた熱量の分だけ温度が下がることとなります。

2-2. 高設栽培における培地の昇温抑制機構の概要

・本研究で採用している高設栽培方式は、不織布シート（商品名「ラブシート BKD20507」、ユニチカ株）をハンモック状に吊って栽培槽を形成するタイプであ

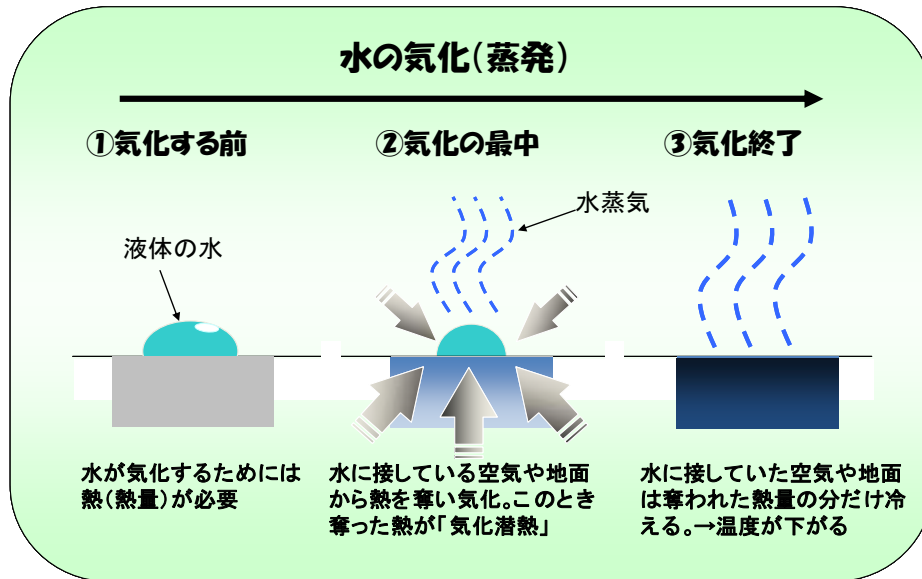


図1 「打ち水」効果(気化潜熱)による地面等の冷却のしくみ
(山崎, 2007)

り、この資材と構造が気化潜熱を利用して培地の昇温抑制を行う際に重要となります。また、初期の設置・導入コストが比較的安価で、中山間地域の中小規模産地に対応できること、環境に配慮して排液循環型になっていることもこの方式の利点です。

・具体的な昇温抑制機構の仕組みは、不織布シートからしみ出す灌水の余剰水を送風により強制的に気化させ、気化潜熱により不織布表面の温度を低下させて間接的に培地の温度上昇を抑えるというものです(図2)。不織布からなる栽培槽の外側に透湿防水シート(商品名「デュポン™ タイベック農業用マルチシート 700AG」、デュポン社)を張り、送風ファンから直接、または、不織布シートと透湿防水シートとの空間に20cm程度の間隔で通気孔を設けたポリダクトを敷設して、栽培槽に向けて送風します(風速2m/s程度)。送風ファンは、定植時からハウス内の平均気温が20℃以下となる頃までを目安として1日12時間程度(午前10時から午後10時)作動させるのが有効です。

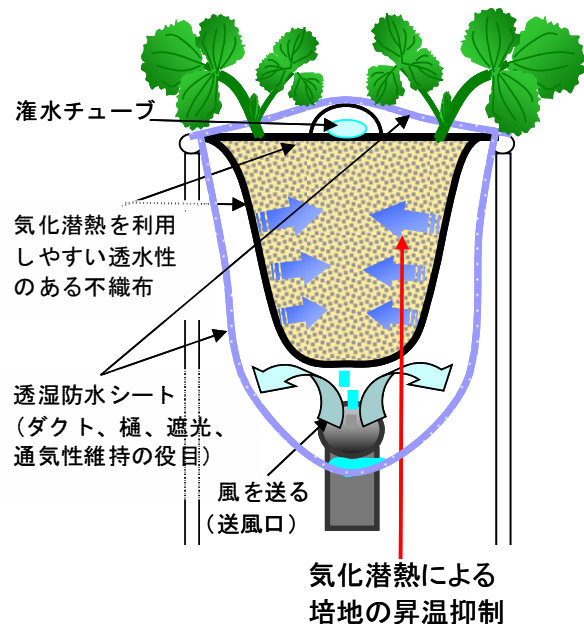


図2 イチゴ高設栽培装置への昇温抑制機構の付加(断面図)

・昇温抑制効率を高める工夫として、栽培槽の外側に一卷きした透湿防水シート自体をダクトに見立てて装置の一端から風を送り、不織布への送風を均一化しています。またこのシートには透湿性があるため、湿った空気を絶えず外気と交換し気化を停滞させないようにしています。このシートは防水性も保持しているため、排水を回収するための「樋」の役割も果たしています。さらに、定植に先立って栽培槽上面を透湿防水シートでマルチングすることにより、その遮光性と遮熱性から、高温期の定植でも培地表面の高温化も抑制できます(図 3)。

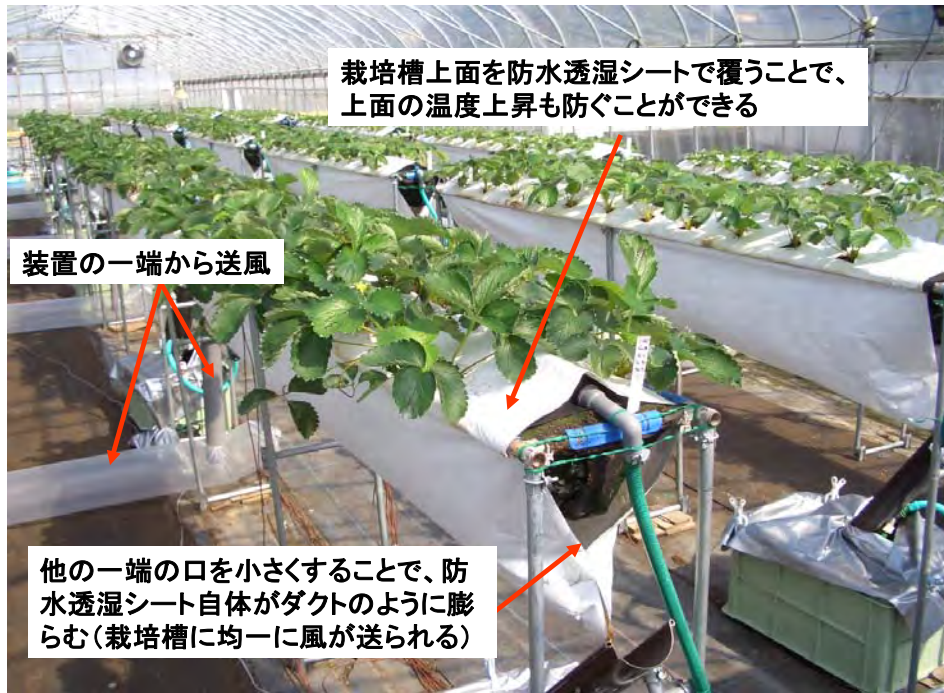


図 3 培地冷却機構を組み込んだ高設栽培装置と透湿防水シートの活用方法

3. 本技術により期待される効果と利用上の留意点

3-1. 培地の昇温抑制効果

・昇温抑制機構を組み込んだ高設栽培装置(昇温抑制区)と機構なしの高設栽培装置(対照区)の培地温度を比較すると、特に高温年であった 2007 年において、対照区では培地の最高温度が 30℃を超えるような日でも、昇温抑制区は 25℃前後に抑えることができました(図 4)。

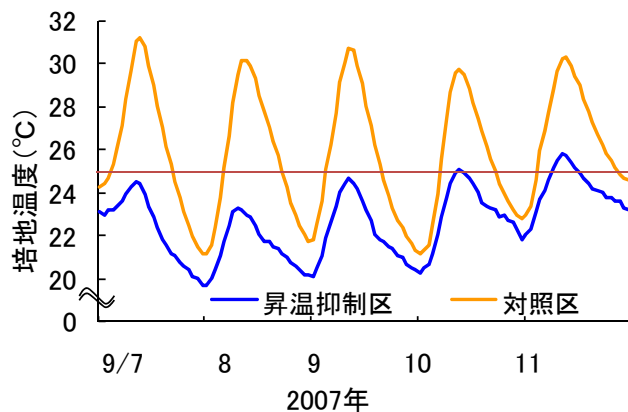


図4 開発した昇温抑制機構による培地温度の昇温抑制程度

- ・ **図4** では、2つの区の培地温度の差は最大で7℃程度です。
- ・ この昇温抑制機構を作動させた50日間を平均して、日中の培地温度を5℃程度低下させることができました。
- ・ 培地温度が25℃を超えると根の生育が阻害されます。気化潜熱を利用した培地昇温抑制法により、根の生育にとっても比較的良好な条件を整えることができます。

3-2. 連続出蕾性の向上と年内収量増加

・ ‘紅ほっぺ’を供試した場合、8月下旬の定植直後から50日間程度、培地の昇温抑制機構を1日12時間作動させることで、一次腋花房の出蕾日が対照区より、平均で5～10日早くなります(**図5**)。

・ このような出蕾の早まり(連続出蕾性の向上)は、収穫期にはその差がさらに大きくなり、培地の昇温抑制を実施することで、一次腋花房の収穫期が10～20日程度早まり、収穫の中休みが大幅に軽減されます。‘さちのか’においても同様な効果が確認されています。

・ また比較的花芽分化しやすい品種(紅ほっぺなど)では、年ごとの気温などに影響されはしますが、一次腋花房の出蕾が非常に早まり、一次腋花房の収穫が年内に開始できて、年内収量が対照区の1.5倍程度に増加する場合があります(**図6**)。

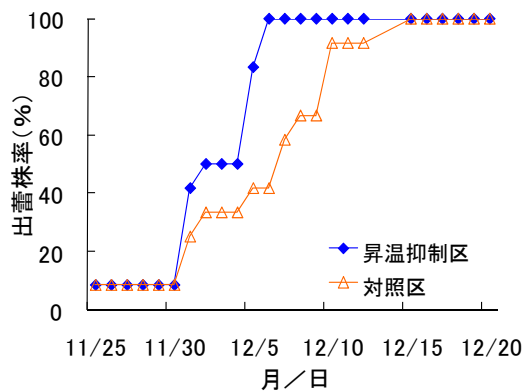


図5 一次腋花房の出蕾株率の推移
(2006年, 紅ほっぺ)

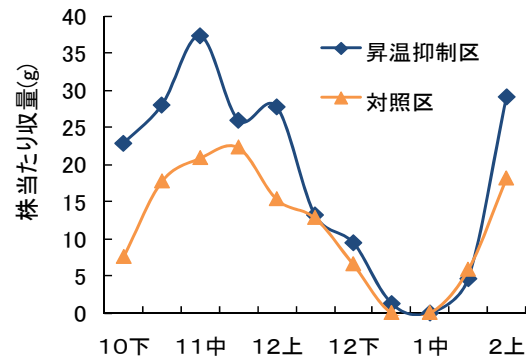


図6 培地の昇温抑制が年内収量に与える効果(2007年, 紅ほっぺ)

3-3. 利用上の留意点

・ 本方法は、花芽分化誘起処理をして頂花房を分化させた苗を8月下旬頃から定植する早期出荷の促成作型を前提とした技術です。しかし普通促成作型においても利用することができ、頂花房の出蕾・開花の揃いが良くなるなどの効果があります。

・本方法は、不織布等の透水性シートを栽培槽に採用している高設栽培方式に対して比較的容易に応用可能です。排液を回収して循環させるために、高設栽培装置自体または透湿防水シートに傾斜を付けています。本方法を、栽培槽が透水性シートで形成されている高設栽培方式へ導入する場合、10a 当たりの設置コストは透湿防水シート代の 15 万円程度で、本装置を 50 日間（1 日 12 時間）作動させた場合の電気代は約 2～3 万円となります（ただし、送風には既設の暖房機の送風機能を利用した場合を想定）。暖房機を設置していない場合には、別途送風用のファンが必要になります。また送風期間中の灌水量は、送風しない場合に比べ最大で 1.5 倍程度になります。透湿防水シートは、耐水性の低下やシートの劣化などから 3 年を目安に交換するのが良いと思われまます。

・既設の暖房機を利用して、冬の低温期に加温を実施している場合、培地の昇温抑制で利用した送風ダクトや透湿防水シート内へ、そのまま暖房空気を送ることが可能です。この場合、暖房機の温度センサーを高設栽培装置の培地内に敷設し、暖房機の運転温度を 13～15℃程度に設定します。こうすることで、培地やイチゴの株元周辺だけを効率よく暖めることができ、イチゴの生育を落とさず、かつ施設全体を暖房するより重油などの使用量も減らすことができます。

・培地の昇温抑制機構は、高温期における培地の温度上昇を抑制して、一次腋花房の花芽分化を早める反面、秋から冬にかけて温度が低下する時期（11 月以降）において、あまり長く作動させ続けると、培地やその周辺の温度が下がりすぎてかえってイチゴの生育を遅延させることとなります。折角早めた一次腋花房の生育まで遅くなってしまうので、昇温抑制機構の作動を停止する時期には注意が必要です。

4. 残された問題点と今後の展望

本技術は、高温期に効果を発揮するものですが、湿度が高い条件では冷却効果が十分得られないことがあります。また、精密に温度制御ができるわけではありません。そのため現時点では、気温の年次変動などによって中休み軽減効果に差異が見られますので、注意が必要です。

栽培装置の長さが非常に長い場合にも対処が必要です。本技術の送風を装置の一端から行う方式の場合、栽培装置が 20m 以上になると、送風量が暖房機の送風機能程度では、装置末端付近での風速が弱まると同時に、順々に湿った空気を送り出すため徐々に気化量が減少し、昇温抑制効果が末端では低下するという問題があります。この対策としては、装置の途中で透湿防水シートに別の送風口を設けて新たに送風することが考えられます。また性能の良い循環扇（ボルナドファンなど）を送風機として使用することで 30m 以上の栽培装置でも培地の昇温抑制効果が十分に得られます。

冬を経過してイチゴ栽培を続け、翌春以降、気温や培地温度が上昇してきた時の昇温抑制機構の効果については、まだ研究の余地があります。送風することで培地温度は低下すると考えられますが、その影響が花芽分化・収穫時期の延長や果実品質の向上などに、どの程度効果があるかは今後の研究で明らかになってくると思われれます。

近年、イチゴ高設栽培における高温期の暑熱対策技術への要望が高まる一方、コストを抑えることも重要な要素となっており、本技術は簡便さ、低コスト性が大きな特徴ですので、今後大いに活用されると考えられます。

※ 本技術開発の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」における「施設園芸における適応技術の開発」の助成を受けて実施されたものです。

参考文献

- 1) Yamazaki, K. et.al. (2009) Shortening of non-harvest period in high bench strawberry forcing culture by a simple control method of medium temperature. Acta Horticulturae 842, 736-738.
- 2) 山崎敬亮ら 高設栽培装置と高設栽培装置における透湿防水シートの施工方法. 特開 2010-148376.
http://jstore.jst.go.jp/nationalPatentDetail.html?pat_id=21375
- 3) 山崎敬亮ら(2007) 促成イチゴの高設栽培における連続出蕾性に与える定植後の培地昇温抑制と施肥時期の効果. 近中四農研セ報 7, 35-47.
http://www.cgk.affrc.go.jp/seika/seika_print/materials/report_07/report_07_03.pdf
- 4) 山崎敬亮ら(2008) 気化潜熱を利用して培地昇温を抑えイチゴ高設栽培の収穫の中休みを軽減する. 平成 19 年度 近畿中国四国農業研究成果情報(技術・参考)
<http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2007/13wenarc/wenarc07-16.html>

研究担当者：

山崎 敬亮 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
熊倉 裕史 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

緑色蛍光灯の終夜照明は従来の黄色防蛾灯よりイチゴ生育への影響を緩和する

1. 本技術の背景と意義

緑色光の終夜照明は作物の害虫であるヤガ類防除に有効で、かつ従来の黄色防蛾灯に比べて植物への光影響が小さいとして、日長反応性を有する作物への利用が提案されています。しかし、短日植物であるイチゴでの研究事例はまだ少なく情報が不足していることから、近畿中国四国地域での主要 5 品種について、従来防蛾灯として一般的に利用されている黄色蛍光灯による影響と比較して、緑色蛍光灯の終夜照明によるイチゴの出蕾や生長への影響を検討しました。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 緑色あるいは黄色蛍光灯を終夜照明した場合の光強度の違いの影響

・‘章姫’、‘さがほのか’、‘さちのか’、‘とちおとめ’、‘紅ほっぺ’の 5 品種を対象に、緑色あるいは黄色蛍光灯を終夜照明した場合の影響を検討しました。

・光強度の違いによる影響を調査するため図 1 のような多段式の架台を設け、各品種の苗（定植の前に短日夜冷処理によって頂花房の花芽を分化させてある苗）を定植しました。これまでの報告からヤガ類の防除には黄色光で $0.01 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の光強度が必要とされています。そこでそれよりも高い強度で緑色あるいは黄色蛍光灯を照射することとして、植物葉面上の光強度が 0.02 、 0.04 、 0.06 、 0.08



図1 緑色蛍光灯の照明方法

および $0.1 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ となるようにしました。終夜照明（日没から日の出頃まで）を行った期間は 9 月中旬から 11 月末までで、この期間設定はヤガ類の発生消長を踏まえたものです。

・その後発生してくる花房の出蕾日や葉のサイズを調査した結果から、蛍光灯の

種類（光質の違い）とその光強度によってイチゴの生長が影響を受けること、緑色は黄色より影響がマイルドなことが確かめられました。また、その影響の程度が品種によって異なっていました（図 2）。

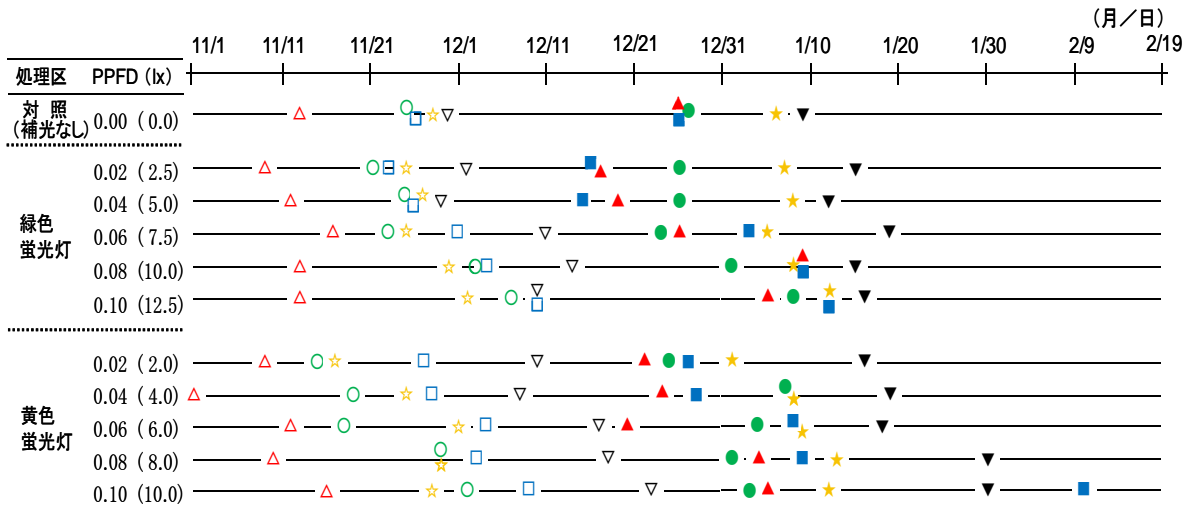


図2 緑色および黄色蛍光灯の終夜照明による光強度がイチゴ5品種の一次腋花房と二次腋花房の出蕾日に及ぼす影響

注) 一次腋花房:白抜き記号, 二次腋花房:塗りつぶし記号

章姫○●, さがほのか△▲, さちのか▽▼, とちおとめ☆☆, 紅ほっぺ□■

各記号は各区6株の平均出蕾日を示している。なお、定植時に分化していた頂花房の出蕾や開花の時期に対して、いずれの品種でも光質や光強度による差異は見られない。

(栽培概要) 採苗:2007年7月6日, 育苗:挿し苗を専用小型ポットで育苗, 夜冷短日処理:8月11日~9月9日の30日間, 定植:9月10日(頂花房花芽分化確認後)プランタあたり6株, 光強度:多段式の架台を用い光源と植物体との距離で調節, 照明期間:9月19日~12月1日の73日間(上下の気温差をなくすためサーキュレーターによりハウス内空気を攪拌), 温度管理:11月より気温10℃以下で暖房機作動, 電照:12~3月まで日長延長型(14時間日長, 10 lx)

2-2. ‘さがほのか’、‘とちおとめ’の特徴

‘さがほのか’、‘とちおとめ’では、一次腋花房の出蕾日に与える光質、光強度の影響は小さいものでした。それでも、光強度 0.08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (照度に換算すると緑色蛍光灯では 10 lx、黄色蛍光灯では 8 lx) 以上では光質に関わらず二次腋花房の出蕾が数日から 10 日程度遅れる傾向がありました(図 2)。これら 2 品種は、光質が緑色でも黄色でも、終夜照明の影響を比較的受けにくい品種といえます。

2-3. ‘章姫’、‘紅ほっぺ’の特徴

‘章姫’、‘紅ほっぺ’の一次および二次腋花房の出蕾は、両光質とも光強度が大

きくなるにつれて遅延する傾向があり、光強度が $0.08 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の場合に明確に遅延しました。光源として緑色および黄色蛍光灯を比較した場合、両者の差は大きくないことが確認されました(図 2)。この 2 品種は、 $0.08 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の光強度で終夜照明すると影響が出る心配のある品種といえます。

2-4. ‘さちのか’ の特徴

‘さちのか’ は、一次および二次腋花房出蕾日が他品種より遅く、終夜照明による光質、光強度の影響が最も大きく現れました。一次腋花房において緑色蛍光灯下では $0.06 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上で出蕾が遅延するのに対して、黄色蛍光灯下では $0.02 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の光強度でも出蕾が遅延しました。二次腋花房では、両光質とも、低い光強度でも照明しない場合に比べ出蕾が遅延しますが、黄色蛍光灯下で光強度が高くなるほど遅延日数が大きくなることが確かめられました(図 2)。したがって、‘さちのか’ は終夜照明の影響を受けやすい品種であり、とくに黄色は好ましくなく、終夜照明を行うのであれば弱い光強度で緑色蛍光灯を用いて行う必要があると言えました。

2-5. 草姿の過繁茂を引き起こさないか

どの品種においても、葉柄長、葉身、葉幅は光強度が高くなるほど伸長しますが、緑色蛍光灯下の方が黄色蛍光灯下より影響が小さく、草姿が維持しやすいことがわかりました(図 3)。

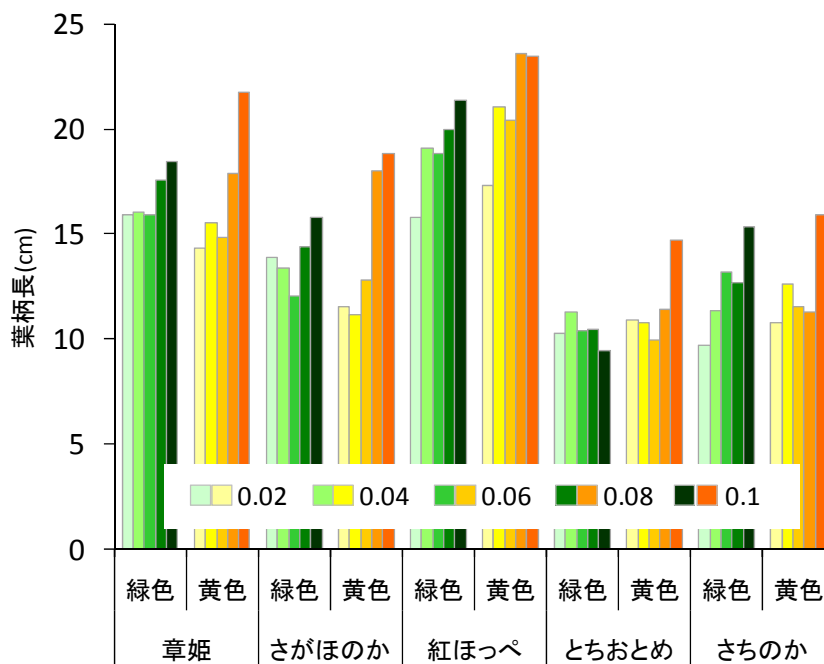


図 3 緑色および黄色蛍光灯の光強度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) がイチゴ各品種の葉柄長の伸長に及ぼす影響

2-6. 植物のフィトクロムと光質の関係

光質によって出蕾や生長に対する反応に差異が生じるのは、植物の日長感応に關与する光受容体(色素)であるフィトクロムの機能を通じてのことと考えられます。光の波長のうち可視光領域は 400~700nm ですが、フィトクロムはそのうちの 600~700 nm の赤色光の波長域を主に吸収します。図 4 に示すように、黄色蛍光灯はフィトクロムに対して有効な 600~700 nm の赤色光を約 35% 含み、一方で緑色蛍光灯は約 2% 含むに過ぎません。この黄色蛍光灯と緑色蛍光灯の放射スペクトルの違いが、イチゴの反応の違いに關係しているものと考えています。

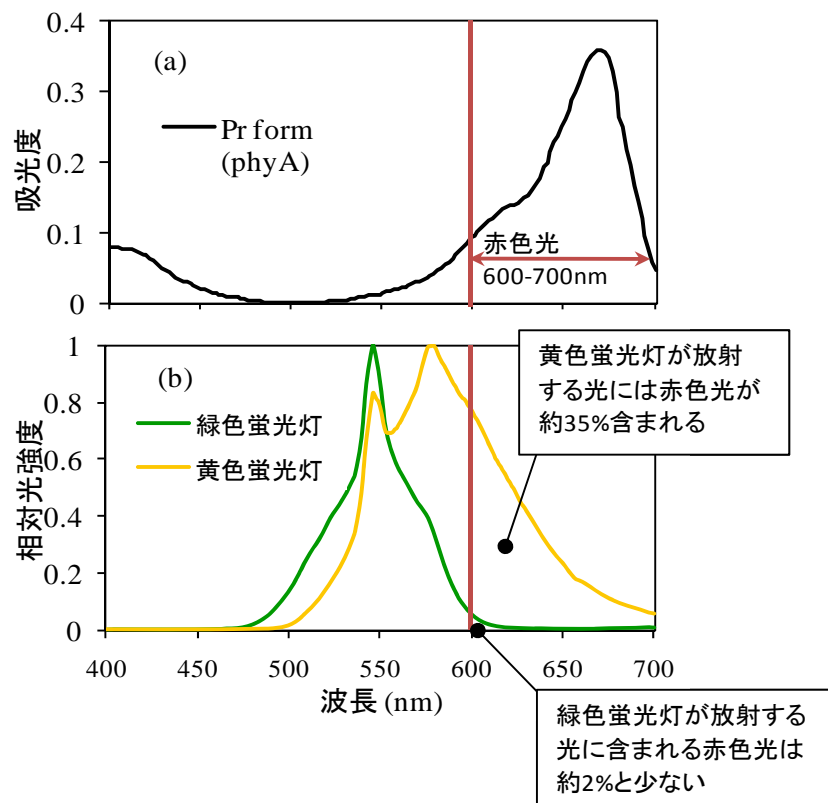


図4 Pr型フィトクロム(エンドウ, *Pisum sativaum*)の吸収スペクトル例(a)と緑色および黄色蛍光灯の放射スペクトル(b)

3. 本技術の利点、留意点と活用(期待される効果、利用上の留意点)

・すでにイチゴで報告されている成果事例として、‘福岡 S6 号’ (商標名: あまおう)」に関しては、緑色蛍光灯の終夜照明では生長や花芽分化に及ぼす影響は黄色蛍光灯に比べ小さい (平成 18 年度九州沖縄農業研究成果情報) との報告があります。

・本資料では、光の強さを示す単位は、植物体への光照射であることを踏まえて、光合成有効光量子束密度（PPFD、 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）を主に用いて記載しています。実際に防蛾灯として緑色光や黄色光を設置・施工する場合には、照度（lx）の方が便利です。図 2 の中の PPFD 表記の隣の照度の値が目安として使えますので参照してください。

4. 残された問題点と今後の展望

緑色光においても、終夜照明したときの光強度が高まれば、一次腋花房以降の分化・出蕾が遅れる傾向が見られます。このような現象をより低減できる光質の補光処理や、高温期でも花芽が連続的に分化するような光質の探索、または電照や病害虫防除など複数の機能を有した光質制御技術の開発が今後望まれます。

参考文献

- 1) 山崎敬亮ら(2009) 終夜照明した緑色光または黄色光が数品種のイチゴの出蕾と成長に及ぼす影響. 農業気象 65, 261-272.
- 2) 山崎敬亮ら(2009) イチゴに対する緑色蛍光灯終夜照明の影響の品種間差異 平成 20 年度成果情報 (研究・参考) <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2008/12wenarc/wenarc08-24.html>

研究担当者：

山崎 敬亮 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
熊倉 裕史 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
浜本 浩 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
山田 真 (パナソニック電気株式会社)
石渡 正紀 (パナソニック電気株式会社)

傾斜ハウスを利用した冬季のコゴミふかし栽培と調製作業の軽労化技術

1. 本技術の背景と意義

中山間傾斜地域において、低コストで導入可能な高軒高・高強度の傾斜ハウスや、傾斜地形を利用した養液栽培技術等により、夏秋トマトの高品質安定生産が可能となりました。しかし夏秋トマト後の冬季のハウスの有効利用が課題でした。ブルーベリーの早出しやチコリの栽培が検討されましたが、山菜のふかし栽培も有望な利用法として検討しました。

山菜のふかし栽培の有望品目として、コゴミ、ウルイ、山フキについて、徳島農研において適用性の検討が行われましたが、コゴミ（植物名：クサソテツ、シダ類に属する草本植物、[図 1](#)）が収量・品質面で最も有望であり、夏秋トマト養液栽培の廃液を利用した根株養成、ハウス内にふかし床を導入したふかし栽培技術、調製作業の省力化を図れる簡易な洗浄機を開発したので紹介します。



図 1 コゴミの遮光栽培による根株養成

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. コゴミの利用場面、栽培生理上の特徴

コゴミは国内の山間部に広く分布している山菜であり、商業的栽培では棚田等で3～4年根株を養成し、そこから春先に出てくる新芽が15cm程度になったものを収穫します。比較的アクが少なく、鍋物に色合いとして入れて、鮮やかな緑色と歯ごたえのある食感が楽しまれています([図 2](#))。

多くの山菜と同じく、冬季の低温に一定期間さらされることで自発休眠から覚醒し、春季の温度上昇にともない新芽が伸張します。ふかし栽培ではこの休眠覚醒した株を掘り起こして、温床に植え込む方式をとっ



図 2 調製・パック詰めされたコゴミ

ています。徳島県の調査で、コゴミの自発休眠覚醒に必要な温度は 7.2°C 以下で、低温遭遇時間は $600\sim 700$ 時間と推測されています。新芽の伸張に必要な有効積算温度は 556°C 程度であり、1 月中旬から最低温度 10°C 設定でふかし栽培を行うことで、4 月上旬までに収穫を終えられます。

なお、株の増殖は子株もしくは地下茎、組織培養苗を用いて棚田などで養成します(図 3)。土壌水分の多い半日陰地が適地であり、棚田とその周辺や谷沿いの畑、山林や石垣の北側根回りなどで栽培されています。

ふかし栽培に利用可能なクラウン径が 5cm 以上の株に育てるには4年かかるとされています。しかし、夏秋トマト養液栽培の廃液を施肥するなどの処理を行うことで、夏期の高温・乾燥による生育停滞を改善することができ、根株養成期間を1年短縮できることが確認されています。組織培養苗については大量増殖方法(図 4)が徳島県において開発されており、農家でも取り組まれています。



図 3 棚田での根株養成の状況



図 4 組織培養による根株の増殖

2-2. ふかし栽培方法と収量

ふかし栽培は、コンテナ ($57\times 37\times 20\text{cm}$) に 13 株程度伏せ込んで(図 5)、黒ポリマルチなどで遮光し、最低温度 10°C に設定して行います。培地については、畑土に比べもみがら、おがくずが軽くて取り扱いやすく、収量も優れています。

ふかし床については、建設足場用鋼管とクランプで組んだベッド上に発泡スチロールなどの断熱性の高い資材で枠を組んで、加温用の電熱線を底部に配置したもので行くと作業性が良くなります(図 6)。



図 5 ふかし栽培装置 (コンテナ方式)

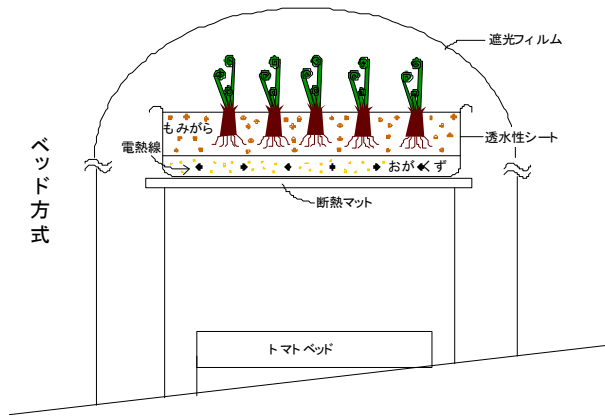


図6 ふかし栽培装置（ベッド方式）

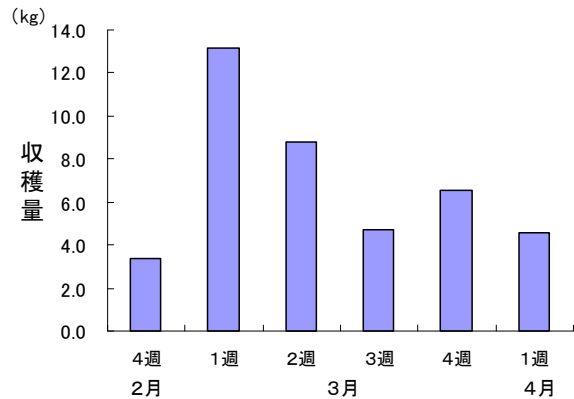


図7 コゴミ収穫量の推移（2008年の例）

収量は、ベッド方式のふかし床（1 m²当たり 100 株伏せ込むことが可能）で 1 m² 当たり約 7kg のコゴミを収穫することができます。コゴミは kg 当たり単価が 2,600 ～2,800 円なので、10 m² 程度の面積でも約 20 万円の粗収益を上げることができます。なお、伏せ込み時期を 1 月下旬から 2 月中旬まで分けて行うことで、収穫日を 2 月下旬から 4 月上旬まで分散させることができます(図 7)。

2-3. 作業の省力化の取り組み

コゴミふかし栽培の作業としては、主に株の掘り取り、ふかし床への定植、収穫とその後の調製作業があります。作業別の 10a 当たりの労働時間は、ふかし装置の設置・片付け作業が 136 時間、株掘り取りと定植で 300 時間、収穫開始までの管理作業に 6 時間、収穫・調製出荷作業に 971 時間を要しています。このうち、株掘り取りについては、図 8 のような簡易な掘り取り器具を用いることで効率的に行えます。

収穫・調製時間の短縮が課題とされており、そのうち調製について、洗浄機開発について取り組んでいるので、次項で詳しく述べます。



図8 簡易な掘り取り器具

注：先端はスコップ状(上)とくり抜き(下)がある。

2-4. 試作した洗浄機

洗浄機は、水をかけながら2つのモーターで駆動される回転ブラシの間をコゴミ茎を通して、俗に「カツオブシ」や「わた」といわれる枯れた葉などを除去する方法です。水道に直接接続して散水するノズル2個を上部に配置し、その下に上下2対のローラを対向させて回転するダブルローラの中にコゴミを通す構造になっています(図9)。



図9 試作したコゴミ洗浄機

水量を十分確保することで、ローラに残留するゴミを減らせるとともに、ローラだけでは落とせなかったものを取り除くのに有効です。ローラの形状は当初ブラシローラのみでしたが、これではコゴミの茎部に傷をつけやすく、洗浄作業後に褐変を引き起こすことがありました(図10)。



図10 茎部翼葉除去後に褐変したコゴミ

そこで、ローラの半分をスポンジとすることにより(図11)、ブラシ部分で粗除去、スポンジ部分で仕上げ除去を行うようにすることで褐変を生じさせにくく、かつ効率的に洗浄できるようになりました。

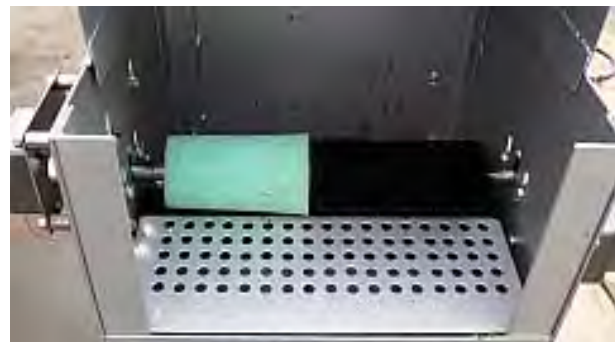


図11 ブラシスポンジローラの組合せ

3. 本技術の活用面と留意点

本技術は徳島県山間部で行われた試験をもとに取りまとめました。ふかし栽培の開始時期や温度設定などは適用地域に合わせて調節する必要がありますが、有効積算温度などの情報が十分に参考になると思われます。なお、組織培養苗については、徳島県の栽培農家が1ポット100円程度で販売しています。

洗浄機については市販されていないので、必要な材料を集めて組み立てる必要が

あります。ブラシを用いた農業用の洗浄機としては苗箱洗浄機がありますので、それを改造することで同様の機能を持たせることは可能と考えられます。

参考文献

武内徹郎ら（2011）第2節 山菜のふかし栽培技術，第IV章 傾斜ハウスを利用した冬期作物栽培技術，近畿中国四国農業研究叢書 2. 農林統計出版，182-195.

研究担当者：

伊吹 俊彦（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム [現・畜草研・飼料作環境研究チーム]）

長崎 裕司（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム）

武内 徹郎（徳島県立農林水産総合技術支援センター農業研究所・中山間担当）

高軒高ハウスの構造や簡易な誘引器具等を活用した果菜類生産の省力管理技術

1. 本技術の背景と意義

果菜類の施設栽培では、誘引、ホルモン処理、薬剤散布などの管理作業に多くの時間を要しています。しかも、これら作業は栽培期間全般にわたり、作物の生育に伴って周期的に行われていることから、改善する必要があります。

図1のような簡易雨よけを利用した傾斜畑でのトマト栽培では、雨よけの支柱が通路部分に配置されているので作業空間が狭くなっています。このため、無理な姿勢での作業が強いられていることから、作業空間の十分確保されたハウスの導入が望まれます。図2のような建設足場用資材を利用した平張型ハウスは、当センターで開発したもので、支柱間隔 3m で軒高を 3m と高くとっているため、通路部分の空間が十分確保できます。



図1 簡易雨よけによるトマト栽培

平張型ハウスは、中山間の狭小な区画形状に合わせて設置でき、高軒高で換気性に優れていることから、ハウス内の暑熱を緩和できる低コスト・高強度ハウスとして普及が期待されています。資材コストは、間口 5.4m、奥行き 30m 以上であれば、1 平方メートル当たり 4 千円以下になります。

平張型ハウスでの誘引作業については、強固な梁構造を利用して 2m 高さにワイヤを張り、そこから誘引紐だけで吊り下げて斜め方向に誘引していく方法で対応しています。誘引作業自体の作業強度は高くないものの、高位置に誘引すると作業台

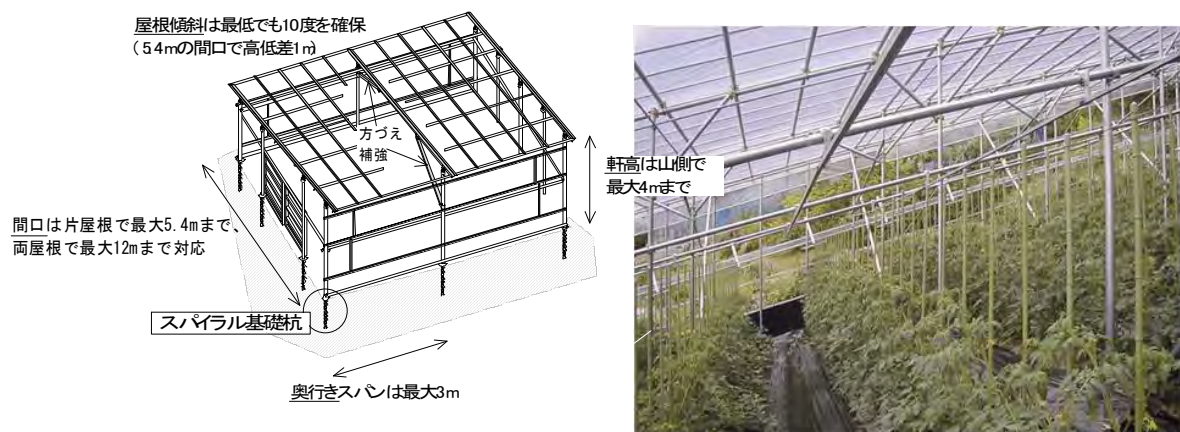


図2 平張型ハウスの構造とハウス内でのトマト栽培

等を使用する必要があり、台の移動、台の上り下り等により作業能率が低下します。また、夏秋トマトの簡易雨よけ栽培では、**図3**のように誘引したトマトの倒れを防ぐため、イボ竹などの支柱を1株毎に立てて誘引する方法がとられることも多く、この方法では多くの支柱（10a当たりで約2,000本）が必要になります。そこで、これらの誘引作業の現状を明らかにするとともに、吊り下げ作業や誘引用の支柱を必要としない低段密植の適用を検討しました。



図3 慣行Uターン仕立ての例

また、薬剤散布作業の省力・軽労化手法についても検討しました。多くのハウスでは通路が狭いことから、散布装置全体を移動させて作業することは難しく、畝の端に動力噴霧機と薬液タンクを置いて、そこからホースを引っ張りながら移動して手持ちノズルで散布する方法がとられています。移動距離が長くなると、ホースの取り扱いが煩雑となるため、ホースの繰り出しや回収を担当する補助作業者が必要になります。これらの作業について、1人作業が可能で省力・軽労化に有効な、ハウス構造を利用したレール走行式の散布装置を開発したので紹介します。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 平張型ハウスにおける管理作業の実態と改善方向

平張型ハウスは前述したように軒高が3m程度と高く、換気性に優れ、夏秋トマト栽培において単位面積当たりの収量向上（慣行8t/10a→13t）が図れるなど、中山間傾斜地における野菜安定生産施設として普及が期待されています。作業面については、従来の簡易雨よけに比べ、降雨時に濡れずに作業できるなどの効果はありますが、収量が大幅に増えているため収穫・調製時間も増加することから、作業時間の削減にはつながっていません。

4月下旬定植、収穫終了12月中旬の夏秋トマト生産において、10a当たり2,300株を栽培した場合の作業時間調査結果を**図4**に示します。管理作業の中では誘引作業の時間が長くなっています。高さ2m近辺で吊り下ろし誘引するときには、収穫用コンテナをひっくり返して作業台代わりにするなどの方法がとられ、台への上り下りなどにより能率が低下するとともに、安全面でも問題があります。また、作業位置によっては改善を要する姿勢割合が高まることもあります。

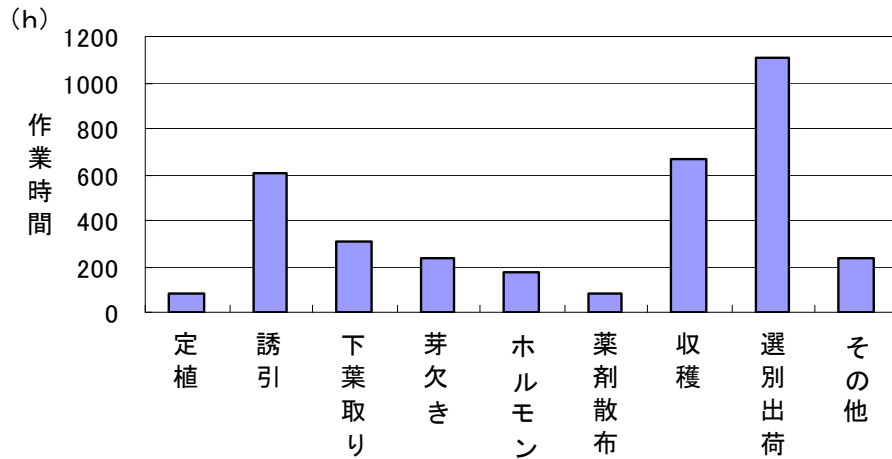


図4 平張型傾斜ハウス夏秋トマト栽培における各種作業時間

すなわち、**図5**のような両手を高く上げた状態の作業姿勢を長時間維持することは困難であり、改善する必要があります。このため、後述するように管理作業に作業台を必要としない低段密植栽培の適用を検討することとしました。また、誘引作業についてはコスト面を考慮して紐誘引を採用することとしたことから、誘引器具について取扱性とコスト面から検証することになりました。



図5 吊り下げ誘引作業の様子

2-2. 誘引器具の工夫による作業改善

紐吊り下げ誘引では、ピンチ(**図6上**)やクリップ類が利用されています。ピンチは茎保持部の内径が24mmと大きめのものが小さめものよりも茎を傷める可能性が低く、取扱性に優れているとみられます。一方でピンチの価格は約20円/個であり、長段採りで1株あたり3個使用するとして、10万円以上要します(2,000株/10a)。低段密植では株数が2~3倍増になることから、仮留めとして低コストな資材を使用することが望まれます。例えば、トマトクリップ(A社の商品名、**図6下右**、約2円/個)は誘引紐に容易に固定でき、価格も約1/10なので、一度

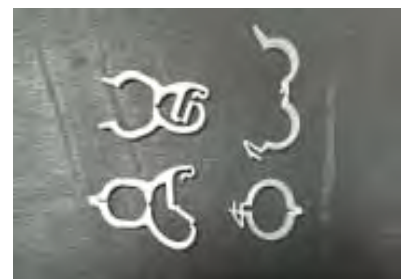


図6 誘引器具の例

取り付けたものを付替えることがなければ、適用できます。生長点近辺ではトップメイト（S社の商品名、**図6下左**、約4円/個）で仮留めすることも可能です。コストと合わせて取扱性を考慮して器具を選択することが重要です(**図7**)。

また、作業姿勢については、立ち姿勢で行うと作業時間短縮に有効であることから、立ち姿勢で作業が行える栽培様式を検討することが望まれます。

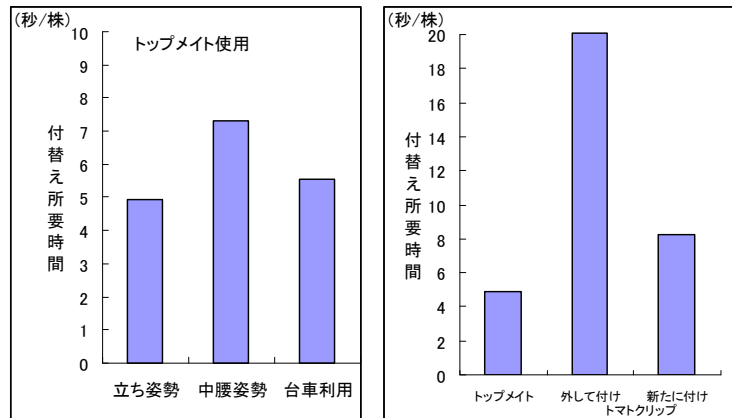


図7 誘引器具付替えの所要時間の比較

2-3. 作業改善に有効な低段密植栽培ベッド高さの検討

前述したように、立ち姿勢で作業を行うと作業時間を短縮できますが、一方で腕を高く上げた状態での作業割合も少なくする必要があります。低段密植では**図8**のような栽培ベッドを用いて行われることが多いことから、適切なベッド高さについて作業性の面から検討しました。

高設栽培ベッドを用いた栽培方式はイチゴで広く用いられており、**図8**の栽培ベッドもイチゴ用として開発されたものです。開発した山口県においてはトマト栽培への適用を検討しており、10a 当たり6,000株を栽培する低段密植では、ベッド資材コストは約250万円を要すると試算されています。



図8 適用した高設栽培ベッド

また、**図8**のように合成樹脂製の成型栽培槽を用いるのではなく、**図9**のようなパイプで組んだ骨組みに不織布でハンモック式の栽培槽を作って栽培する方式もあります。この方式では、資材コストは**図8**の方式の約半分に抑えられます。

一般にイチゴ用では、定植作業やその後の摘葉・摘果作業を考慮して、ベッド



図9 ハンモック式の高設栽培ベッド

高さは約 1m と高くしておりますが、トマト低段密植では、3～4 段の果房を栽培する空間をベッド上部に配置する必要があることから、やや低めのベッド高さとして、定植から芽かき、収穫までの一連の作業が良好に行える高さの検討が必要です。

ベッド面の高さ 0.4m（低ベッド）と 0.7m（高ベッド）で作業姿勢・能率を比較したところ、作業姿勢については、低ベッドの方が定植作業や 1 段果房直下の芽かき作業で負担の大きい中腰姿勢割合が高くなるものの、作業能率についてはいずれの作業も同等です。なお、低ベッドでの低い位置での作業改善には腰掛け台車の利用(図 10)が有効で、作業能率の低下はなく、中腰やしゃがみ、片膝つきの作業姿勢が解消されます。

なお、誘引紐を固定しているパイプは、作業者の体格に合わせて決めます。このケースでは、身長 160cm 前後の女性に合わせて高さ約 1.8m としました。低ベッドだと、促成栽培トマトで 4 段までの果房がこの高さまでに収まります。



図 10 腰掛け台車の利用

2-4. レール式薬剤自動散布装置の適用

高軒高ハウスにおいては、ハウスの横梁構造を利用して、通路上部に走行用レールを設置し、それを自動往復走行するレール式薬剤自動散布装置(図 11)を適用することが可能です。装置は、自動 2 輪用のバッテリーを搭載して DC モーターで駆動され、防除用ホースを引っ張りながら走行します。

装置を別の走行用レールに移動させるときには、作業用レールに直交して配置したハンガーレールに懸架した手押しの横移動台車に移らせて、手動で行います(図 12)。10a 当たりの作業時間は約 1.5 時間で済みます。作業者はスタート用のスイッチを押して、手動で防除用ホースのバルブを開くだけで、装置が自動的に走行を開始して散布作業を開始します。散布している間は、ホースの繰り出しと回収補助作業を行うだけで、農薬被ばくの心配がなく、身体負担の小さい作業が可能となります。現在、高齢者集団で管理するトマト栽培ハウスに導入し、大きなトラブルもなく継続的に防除作業に利用されています。



図 11 レール式薬剤自動散布装置



図 12 横移動用ハンガーレールに懸架した状態の自動薬剤散布装置

当該機はメーカーによる特注品で、1 台約 20 万円であり、別途多頭口の防除用ノズル（図 12 では 10 頭口、約 3 万円）が必要になります。また、ハウスには走行用の角パイプレール（25mm 角、メッキ品）を設置する必要があります。栽植密度により走行用レールの本数は異なりますが、前述した平張型ハウスの 10 a 当たり 2,300 株相当では、約 30 万円の資材コストを要します。

3. 本技術の活用面と留意点

本技術は、省力・軽労化に有効なトマトの低段密植栽培を前提にして取りまとめました。今後、新たにトマト養液栽培に取り組むことを検討されている方に有用な情報と思われまます。

栽培ベッドについては、作業者の体格に合わせた設計を行うと作業姿勢・能率の改善に有効です。標準的な男性（身長 170cm）であれば、誘引パイプの高さを約 20cm 高く（約 2m）しても作業姿勢面で問題ありません。

参考文献

近畿中国四国農業研究センター：平張型傾斜ハウスの設計・施工マニュアル，
<http://wenarc.naro.affrc.go.jp/tech-i/inclination2006/manual01.pdf>

近畿中国四国農業研究センター：換気性に優れ、低コストで高強度なハウスづくりを支援する平張型ハウス設計・施工マニュアル（暫定版），
http://wenarc.naro.affrc.go.jp/tech-i/flat_dildo_house/flat_dildo_house_manual.pdf

山口県農林総合技術センター農業技術部：らくラックシステムを活用した高糖度トマト栽培技術，山口県平成 20 年度新たに普及に移しうる試験研究等の成果，
http://www.nrs.pref.yamaguchi.lg.jp/hp_open/a17201/00000007/H20-11.pdf

研究担当者：

長崎 裕司（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム）

伊吹 俊彦（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム [現・畜草研・飼料作環境研究チーム]）

紫外線カットフィルムおよび紫外線－可視光変換フィルムの特性

(農業用被覆資材の利用、開発に関心をお持ちの方へ)

1. 本技術の背景と意義

1-1. 紫外線カットフィルムとは

日射のうち、波長 400 nm (ナノメートル) 弱から短波長側の放射は紫外線になりますが、紫外線カットフィルムはこの波長域の放射を通しにくい性質を持ちます。農業用のものは 1970 年代に塩化ビニル系のものが被覆資材として開発され、一部の害虫や病害発生予防、作物の生育促進などの効果が確認されて、実際に利用されてもいます。近年は長期展張の可能なポリオレフィン系の紫外線カットフィルムも市販されています。このような資材では、想定される展張期間が長くなるので、開発サイドもユーザーサイドも効果の持続性などの知識、知見を蓄積する必要があります。ここでは、環境保全型野菜研究チームで一つの資材を数年間継続使用したデータをもとに、こうした知見についても解説します。

1-2. 紫外線－可視光変換フィルムとは

まだ開発途上で一般に出回っているものではないですが、紫外線を吸収し、可視光領域 (およそ波長 400 ~700 nm) の蛍光を発するフィルムです (図 1、図 2 を参照)。こうしたフィルムには、光合成に使わない紫外線を使える光に変える、初夏や夏の強すぎる光を和らげる、といった利点のほか、紫外線カットフィルムのような防虫効果も期待で

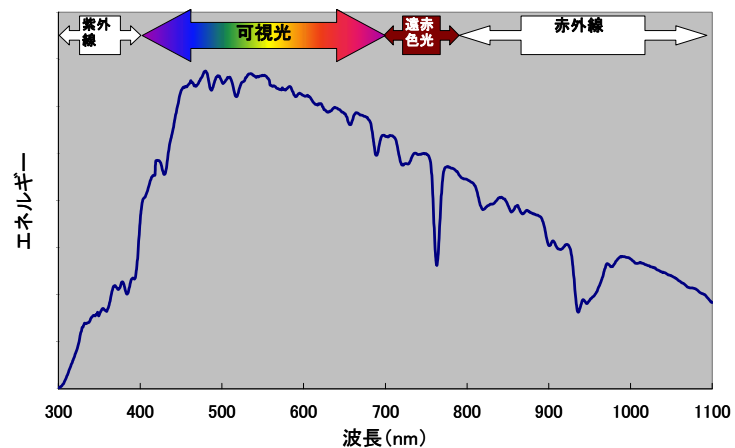


図1 日射エネルギーの波長別分布

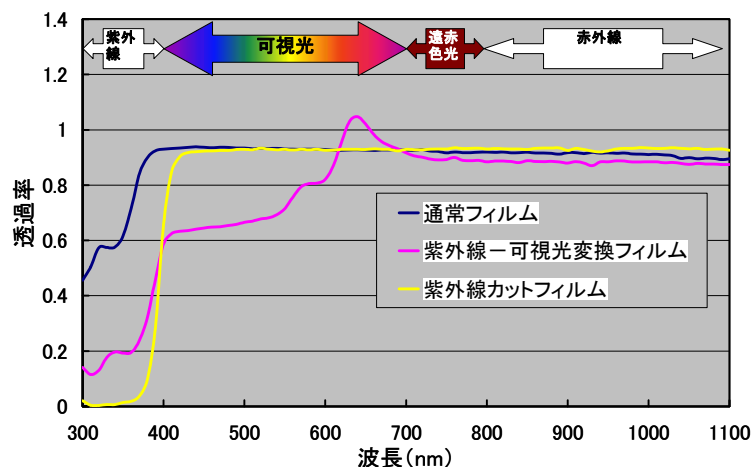


図2 各種フィルムの日射透過率調査の一例

きます。ここでは、環境保全型野菜研究チームで試験を行った紫外線－赤色光変換フィルムを例に、効果や問題点を示します。

2. 得られた知見の概要、活用にあたっての効果と留意点

2-1. 作物生育に対する効果と利用の際の注意点

・紫外線カットフィルム、紫外線－可視光変換フィルム、通常の透明フィルムを張った小型雨よけハウスで春～夏期に葉ネギやホウレンソウを栽培したところ、紫外線カットフィルムや光質変換フィルムの被覆下で生育が促進されました(図 3)。なお、春～夏作、秋～冬作で比べてみると、日射の強い春～夏作の方が効果が高くなります。特に、色のついている光質変換フィルムにその傾向が強いです。



図3 各フィルム雨よけ被覆下での葉ネギの生育例

左から通常フィルム、紫外線－可視光変換フィルム、紫外線カットフィルム

・紫外線カットフィルムに関しては、過去の研究をみると、葉根菜のコマツナ、シユンギク、カブなどで生育、収量が増大したという報告があります。果菜類のキュウリやメロンでも増収したという報告があります。なお、アントシアニンによって果実や花が発色するナスやイチゴ、花き類については、色付きが悪くなるため利用を避けるのが望ましいとされています。

・紫外線－可視光変換フィルムの場合、初夏など日射の強い時期には、葉菜類の生育を紫外線カットフィルムよりも促進することがあります。しかし、根菜類の根の生育は、紫外線カットフィルムと異なり、やや抑制される傾向があります(図 4)。根菜類の地下部生育は遮光によって抑制されやすいのですが、本フィルムは色がついている分、若干の遮光となってしまうため、根菜類への使用はあまり有効ではな

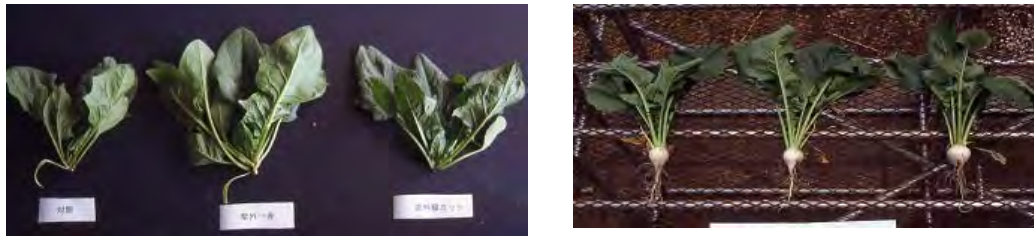


図4 各フィルム雨よけ被覆下で栽培されたホウレンソウとコカブの生育例
左から通常フィルム、紫外線一可視光変換フィルム、紫外線カットフィルム

いと思われます。また、冬期は日射が弱いため、根菜類以外でも作物の生育促進効果あまり期待できなくなると考えられます。

2-2. 防虫に対する効果と利用の際の注意点

・紫外線カットフィルム、紫外線一可視光変換フィルム、通常の透明フィルムを張った小型雨よけハウスで、春～夏期に甘長トウガラシを栽培し、アブラムシ類の寄生数を調査したところ、**図5**に示すように、紫外線カットフィルムや光質変換フィルムの被覆下では、通常フィルムの被覆下と比べてアブラムシ類の寄生数が少ない傾向がみられました。どちらのフィルムもアブラムシ類の「侵入」は抑制する特徴があります。ただし、被覆下に放飼したアブラムシ類の「増殖」を抑える効果はあまり大きくありません。なお、雨よけネギ栽培では、ハウス側面が無被覆状態であるためか、どのフィルムの被覆下でもアザミウマ類の食害がみられました。したがって、雨よけ被覆のような場合はハウス側面に防虫ネットを張るなど、他の方法も併用することが有効でしょう。

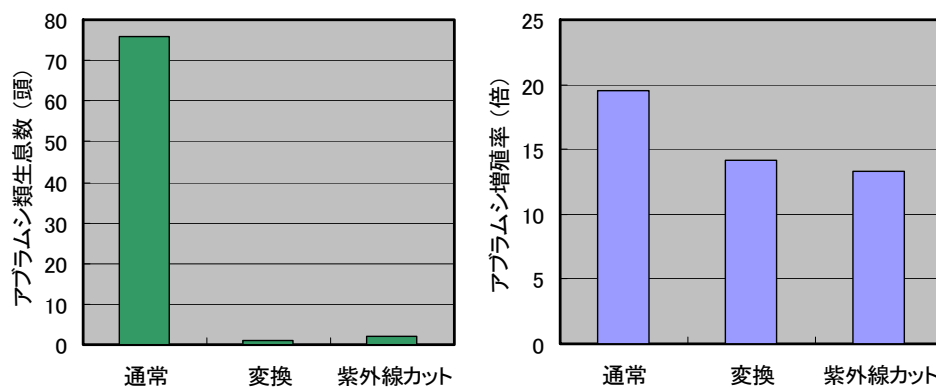


図5 各フィルム雨よけ被覆下の甘トウガラシに寄生したアブラムシ類の頭数調査(左)と放飼したアブラムシの増殖率の調査例(右)
変換は紫外線一可視光変換フィルムを示す

・紫外線カットフィルムに関しては、一般にアブラムシ類、アザミウマ類、ダニなどの害虫は近紫外線の遮断された環境下では活動が鈍る傾向があり、本資材を展張

した施設では忌避効果が発揮されるとされています。また、灰色かび病、菌核病などある種の病原糸状菌については、胞子の形成を阻害し、発病を抑制すると考えられています。しかし、上述したように、施設の全面を覆わず、雨よけ的な使い方をする場合には、効果は小さくなることが考えられます。絶対的な効果を期待するよりは、ある種の病虫害に対する対策のひとつととらえた方がよいでしょう。また、ミツバチの活動を抑制するため、ミツバチを交配に利用するイチゴ栽培などではほとんど利用されません。同様な使われ方をするマルハナバチはミツバチに比べて紫外線カットの影響を受けにくいようですが、カットする波長域の広い資材下では、訪花活動が鈍るといわれます。

・紫外線一可視光変換フィルムについては、紫外線カットフィルムほどの紫外線を抑制する効果はありませんが、少なくとも新品であれば紫外線カットフィルムに準ずる効果が期待できそうです。使用の注意点も紫外線カットフィルムと同様に考えておけばいいでしょう。

2-3. 特性と効果の経年変化

紫外線カットフィルムは過去の研究報告では3年程度は効果がありそうだと

表1 2005年に展張した供試フィルムにおける波長帯別日射透過率の経年変化

		波長帯 (nm) 別日射透過率 (%)				
		300-400	400-500	500-600	600-700	700-800nm
1年目	変換	33.5	64.8	74.1	95.9	89.6
	UVA	19.2	91.6	92.9	93.0	93.1
	対照	77.5	91.4	92.0	92.2	92.6
2年目	変換	37.1	71.3	77.2	83.9	83.5
	UVA	12.8	79.8	83.4	84.8	85.6
	対照	64.8	79.5	81.7	83.2	84.4
3年目	変換	43.0	70.3	75.0	78.9	79.5
	UVA	17.4	80.8	84.7	85.9	85.9
	対照	66.0	79.6	82.1	83.8	85.0
4年目	変換	57.9	79.2	82.6	85	85.8
	UVA	28.1	81.6	84.9	86.8	88.1
	対照	70.9	77.6	81.1	83.4	84.7
5年目	変換	58.9	73.4	77.7	79.9	81.2
	UVA	35.2	70.8	75.5	78.3	80.2
	対照	67.6	75.0	78.8	81.2	83.1

変換：光質変換フィルム、UVA：紫外線カットフィルム、対照：通常の透明フィルム。
いずれもポリオレフィン系資材で厚さは0.1 mm、2005年4月6日に展張。

います。当研究チームはさらに長期間、展張 5 年目まで調査を行いました。表 1 の結果をみると、3～4 年程度は性能を維持し、虫害や作物生育に対する効果が期待できそうです。紫外線一可視光変換フィルムは展張して概ね 1 年程度で効力が小さくなりました。

3. 残された問題点と今後の展望

・紫外線カットフィルム：カットする波長域が異なる製品が数多く上市されており、作物・用途に応じた使い分けができます。参考文献（高市，2002）などが参考になります。

・紫外線一可視光変換フィルム：当研究チームでの試験結果などから考えますと、今のところ数年単位で効果を維持することは難しいように思われますが、このようなフィルムの開発は何カ所かで行われており、今後さらに効果の持続性があるフィルムが開発される可能性もあります。なお、冬期は日射が弱く、光質変換の効果も小さくなると考えられますので、利用場面としては、周年で利用するハウスの外張りよりは春季のトンネルや、春～秋期限定の雨よけハウス等に用いるのが有効と考えられます。さらに濃色のものができれば、遮光用のカーテンなどの利用法も検討できそうです。

※ 本稿の一部は農水省プロジェクト研究「生物の光応答メカニズムの解明と省エネルギー、コスト削減利用技術の開発」の成果を基に作成しています。現在、葉菜類の生育を促進する光の波長バランスについて検討を進めており、今後は被覆資材の新たな開発や改良、実用性の高い栽培用光源の開発に役立つような知見を提供していく予定です。

参考文献

- 稲田勝美（1994～1997）着色フィルムの被覆は作物に有効か？ 農業および園芸 69(9)～72(12)（連載記事）。
- 高市益行（2002）紫外線カットフィルムの種類と特性。農業技術大系野菜編（農文協），12 追録第 27 号，施設・資材 37-38 の 6。
- 浜本 浩ら（2010）紫外線一赤色光変換フィルムや紫外線カットフィルムにおけるアブラムシ類抑制効果の経年変化。日本農業気象学会2010年全国大会講演要旨，113。
- 浜本 浩・植野耕造（2006）紫外線一可視光光質変換資材が野菜の成育に及ぼす影響。園芸学会雑誌，75別2，542。
- 浜本 浩ら（2008）紫外線を可視光に変える光質変換被覆資材が葉根菜類の成育に及ぼす影響。農業気象，64(2)，81-86。

浜本 浩ら (2008) 紫外線－可視光光質変換資材が施設内へのアブラムシの侵入、増殖に及ぼす影響. 園芸学研究, 7 別 2, 558.

浜本 浩ら (2011) 紫外線－赤色光光質変換フィルムと紫外線カットフィルムの光学的特性および葉菜類の生育に及ぼす影響の経年変化. 近畿中国四国農業研究センター研究報告, 10, 1-12.

水上宏二ら (2008) アスパラガス等における近紫外線除去フィルムの昼行性害虫抑制効果と紫外線除去効果の持続性. 農業および園芸, 83, 481-486.

研究担当者 :

浜本 浩 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

土壤締固め法を介したリアルタイム定量 PCR によるキタネグサレセンチュウの定量

1. 本技術の背景と意義

1-1. 線虫被害への対策の重要性

ネグサレセンチュウ (*Pratylenchus* sp.)、ネコブセンチュウ (*Meloidogyne* sp.)、シストセンチュウ (*Heterodera* sp., *Globodera* sp.) は我が国だけでなく世界中において三大植物寄生線虫として知られています。これらの線虫は植物防疫上重要で、迅速な検出や蔓延防止のための技術開発が、強く要望されているところです (豊田ら 2010)。図 1 にキタネグサレセンチュウの姿を、図 2 にダイコンでの被害の様子を示しています。



図 1 キタネグサレセンチュウ
矢印で記した口針で植物体に穴をあけ、侵入する



図 2 ネグサレセンチュウに加害されたダイコン
ネグサレセンチュウが侵入した痕跡が黒点となり、商品価値を下げる

1-2. 土壤中の線虫量は簡単には測定できない

土壤中に生息するこれらの植物寄生性線虫やその他の土壤線虫 (自活性線虫やその他の植物寄生性線虫) を検出・同定・計数するための方法としては、最初の工程として、線虫が水中に泳ぎ出てくる性質を生かした「ベルマン法」、あるいは、線虫個体とショ糖液の比重の違いを生かした「二層遠心浮遊法」などを用いて土壤から線虫を分離し、次の工程として顕微鏡下で観察を行って種ごとに計数する、という手順が、現在のところ一般的です。しかし、顕微鏡下で形態的特徴に基づいて種レベルまで同定を行うには専門的で熟練した経験と時間を要するので、そのことが防除技術開発上の難点となっていました。

1-3. 線虫を定量するための近年の成果

1990年代後半から、分子生物学的手法を用いた線虫種の同定法が開発されはじめました。下記のような手法が既に確立されています：

- a. 線虫 1 個体について、生体内酵素の分子構造の違いで種の区別を行うアイソザイム多型による同定法
- b. Polymerase Chain Reaction (PCR) 法を用いて ITS 領域を増幅させ制限酵素処理により種の同定を行う PCR-RFLP
- c. 種特異的な塩基配列を検出する種特異的プライマーを用いた PCR による検出

現在ではこれらの手法、特に遺伝子を用いた手法が一般化してきました。ただし、これらの手法は、種の同定、つまり、存在確認はできても、定量性を有していません。植物寄生性線虫による作物被害度は、栽培前土壌における植物寄生性線虫数と相関関係があると言われており、植物寄生性線虫の検出において、その土壌中の密度が重要とされますので、定量の手段について近年、研究が進められました。

Madani ら (2005) は、Bulman ら (1997) によって設計されたジャガイモシロシストセンチュウ (*G. pallid*) 特異的プライマーを基にリアルタイム定量 PCR でのジャガイモシロシストセンチュウの定量的な検出を報告しました。リアルタイム定量 PCR は 1990 年代に開発された手法で、PCR を行いながら、リアルタイムに 1 サイクルごとの PCR 産物の増幅量を検出するものです。この手法は今日では DNA や RNA をより正確かつ簡便に検出・定量する手法として多くの研究に用いられています。現在、リアルタイム定量 PCR を用いて植物寄生性線虫を定量する方法は、前述のジャガイモシロシストセンチュウだけでなく、キタネグサレセンチュウ *P. penetrans* (Sato ら 2007)、サツマイモネコブセンチュウ *M. incognita* (Toyota ら 2008)、ジャガイモシロシストセンチュウ *G. rostochiensis* (Toyota ら 2008)、ダイズシロシストセンチュウ *H. glycines* (Goto ら 2009) など日本国内で問題になっている主要な植物寄生性線虫に対しても適用できるようになり、それぞれについてリアルタイム定量 PCR 用の特異プライマーが設計されています。

1-4. 線虫を土壌から分離する従来法の欠点

これらの特異的プライマーの開発により、リアルタイム定量 PCR を用いることで、線虫学の専門的で熟練した経験がなくとも土壌から分離した植物寄生性

線虫の同定・定量が行えるようになりました。しかし、土壌から分離する工程、特に一般的に分離に用いられているベルマン法において、その分離率は 50% であること (Ingham 1994) が問題として残されています。実際、筆者らがキタネグサレセンチュウ数とダイコンへの被害の関係性について研究を行った際にも、ベルマン法では、「深さ 0~60cm の範囲ではキタネグサレセンチュウが検出されなかった土壌」で栽培したダイコンにキタネグサレセンチュウの被害が見られる事例があり、ベルマン法では抽出されない形態 (例えば卵) のキタネグサレセンチュウが存在すると示唆されました (Sato ら投稿中)。すなわち、通常のベルマン法では分離の工程に 2~3 日間をかけますが、その期間中には、土壌中に存在するネグサレセンチュウの卵の多くは試料土壌から外へ出てこない (泳ぎ出してこない) ので、これが、ベルマン法の分離率が低い原因のひとつと考えられます (Pudasaini ら 2008)。また、ネコブセンチュウの場合には、ベルマン法で抽出されない休眠体が存在する (Oka and Mizukubo 2009) ことも最近になって知られるようになりました。これらの知見から、ベルマン法で土壌から分離した線虫に対してリアルタイム定量 PCR を行っても、土壌中での密度を正確に判断するのは難しいと想定されました。

そこで、筆者らは、線虫を土壌から分離する行程を介さず、植物寄生性線虫であるキタネグサレセンチュウを土壌から直接定量する方法として「土壌締固め法を介したリアルタイム定量 PCR によるキタネグサレセンチュウの定量法」を開発しました。以下にその概要を紹介します。

2. 開発した技術の概要と使用方法

2-1. 土壌から線虫を抽出するための最初の工程として「土壌締固め法」が開発された経緯

土壌から細菌や糸状菌などを含む、土壌(微)生物の DNA を抽出する方法は、土壌微生物学の分野において進展し、市販のキットなどを使って 30 分程度で簡便に抽出できるようになりました。これに必要な土壌の量は 0.5g 程度とされています。

一方、土壌線虫については、細菌や糸状菌などに比べて土壌内での分布がより不均一であることや、土壌中の密度がより小さい場合が多いことから供試土壌 0.5g 程度では少なすぎ (Donn ら 2008)、最低でも土壌 20g から DNA を抽出し、それを 3 反復してデータとすることが理想的です。土壌 20g から DNA を抽出することは、実際上も不可能ではないのですが、実験器具や装置、廃液などを考慮すると、小さなスケールで DNA を抽出する方が望ましいです。そこで、Goto ら (2009) は工夫をして、土壌を円筒コアシリンジに詰め、特製の器

具(図3)を用いて土壌を締固める工程を加えると良いことを見いだしました。締固め工程によって土壌中(土壌団粒間)に存在する線虫個体(幼虫や成虫)、卵などの全ての形態の線虫は物理的に破壊され、DNAは土壌中に拡散し、少量の土壌からでも誤差の少ないDNA抽出が可能になると考えられます。Gotoらは、土壌0.5gから抽出し、リアルタイム定量PCRによってダイズシストセンチュウを検出・定量できることを示し、「土壌締固め法を介したリアルタイム定量PCR法」として

報告しました。この報告においてターゲットとなったダイズシストセンチュウは、宿主植物から分泌される物質によって刺激されシスト内にある卵から孵化するという生態上、土壌中でシストもしくは卵の形態である場合には、ベルマン法で土壌から分離すること不可能とされてきていました。Gotoらは、それへの対処を主に想定して、この工程を開発しました。



図3 土壌締固め機(大起理化工業製、特注品)

2-2. 「土壌締固め法」をキタネグサレセンチュウの検出に適用する

筆者らは、上記の先行研究を受けて、シストや卵でなく、幼虫と成虫の形態の線虫に対して土壌締固め法が適応できるかについて検討し、表1のような良好な結果を得ました。以下に実際の手順を紹介します。

土壌締固め法の手順

- 手順1. 風乾土壌 20g を 50cc の円筒コアに充填し、土壌締固め機(Daiki社製)を用いて土壌を締固める(図4)。
- 手順2. 締固めた土壌を円筒コアからアイスピックなどで取り出し、ブレンダーカップに移す。
- 手順3. TE buffer 20ml をブレンダーカップに加える (1:1=w/v)。
- 手順4. 15,000rpm、10分間攪拌する。
- 手順5. スラリー状の土壌 0.5g から DNA を抽出する。

表1 締固め有・無によるCt値の違いと検出されたキタネグサレセンチュウ由来DNA量比

土壌タイプ	供試土壌	Ct値(平均値、n=3)		DNA量比 (有/無)
		締固め有	締固め無	
黒ボク土	A	30.40	33.99	12.0
	B	30.61	31.36	1.7
	C	29.62	31.74	4.3
	D	30.83	33.35	5.7
	E	33.85	35.13	2.4
灰色低地土	F	27.84	29.06	2.3
	G	28.47	30.57	4.3
	H	32.78	35.39	6.1
	I	31.57	33.54	3.9

注1)キタネグサレセンチュウ汚染土(黒ボク土壌、灰色低地土、砂質土)を供試した。

注2)「締固め無」は締固めを行わず、ブレンダーでTE bufferと攪拌しただけの土壌(対照区)

結果:

- 1)黒ボク土壌と灰色低地土は土壌締固めを行うことで、リアルタイム定量PCRにおいてキタネグサレセンチュウ由来のDNAが対照区に比べて1.7~12倍多く検出された。土壌締固めを行うことで効率的に土壌からネグサレセンチュウ由来のDNAを検出できる。
- 2)しかし、砂質土においては前記の2土壌のような結果が得られず、砂質土には、土壌締固めを介したリアルタイム定量PCRでのキタネグサレセンチュウの定量は不向きであることが示された。



図4 土壌締固め機による土壌の圧密化の効果

2-3. DNA抽出法の検討

土壌などの環境サンプルからDNAを抽出する場合、DNAと共にPCR阻害物質が抽出されてきます。リアルタイム定量PCRは、通常のPCRに比べて精製度の高いDNAが必要となりますから、このことは問題です。また、DNA抽出の際、土壌粒子にDNAが吸着し、抽出されるDNA量の低下が生じますので、その対策も必要です。

ターゲットとする植物寄生性線虫(本研究の場合はキタネグサレセンチュウ)の土壌中密度が低い場合には、もちろん、土壌中に拡散するDNA量は少なくな

るため、DNA 抽出過程での DNA のロスをできるだけ低減させる必要があります。そこで、これまでの研究によって効果があると示唆されているいくつかの手法、すなわち、DNA の土壌粒子への吸着を防ぐためにスキムミルク (Hoshino and Matsumoto 2004) や RNA (Ikeda ら 2008)、サケ DNA などをご組み合わせで予め土壌に添加すること、DNA 抽出時の Buffer の組成において EDTA 濃度 (Krsek and Wellington 1999) や Tris-HCl 濃度を調節すること、DNA 粗抽出液について市販の各種カラムのなかから最適なものを選択することなどを総合的に検討し、精製度が高くかつロスが少ない、土壌からの DNA 抽出・精製法方法を下記のように取りまとめました。

DNA 抽出～リアルタイム定量 PCR の手順

手順 1. 蓋付き 2ml チューブ (φ0.1mm ジルコニアビーズ : 0.75g、φ0.5mm ガラスビーズ : 0.25g 入り) に下記 a~d を入れ、ビードビーターで攪拌する (5,000rpm、1 分×2 回)。

- a) 土壌 0.5g、
- b) スキムミルク 100mg、
- c) サケ DNA 5μg、
- d) lysis buffer (0.5% SDS, 100 mM Tris, 50 mM EDTA, pH 8.0) 800μl

この際、内部標準として、ジャガイモシストセンチュウ DNA 断片 (PCR 産物) 10μl 添加する。

手順 2. 遠心分離する (12,000g、5 分)。

手順 3. 上清 700μl を新しい 2ml チューブに移し、5M NaCl 377μl と 10%CTAB 270μl を加え、60 度で 10 分間培養する。

手順 4. 培養後、クロロホルム 500μl を加え、よく攪拌し、遠心分離する (15,000g、20 分)。

手順 5. 上清 1.1ml を新しい 2ml チューブに入れ、再びクロロホルム 500μl を加え、攪拌後遠心分離する (15,000g、20 分)。

手順 6. 上清 1ml を新しい 2ml チューブに移し、20%PEG 600μl を加えて、遠心分離する (15,000rpm、20 分、4 度)。

手順 7. 上清を取り除き、70%エタノールでリンスをして乾燥させる。

手順 8. 乾燥後、TE buffer 100 μ l に DNA を懸濁する。

手順 9. MonoFas[®] DNA purification kit I (GL Sciences Inc., Tokyo, Japan) を使って、DNA 懸濁液の一部を精製し、リアルタイム定量 PCR の鋳型 DNA とする。

2-4. 土壌締固め法を介したリアルタイム定量PCRでのキタネグサレセンチュウの定量性

表1のところで示したように、土壌締固め法が適用できる土壌は、黒ボク土壌と灰色低地土です。これらの土壌において、キタネグサレセンチュウを既知量添加し、筆者らの提案した手法で定量したときの結果が、添加した線虫量を反映するかどうかをチェックしました。

内部標準の添加：供試した土壌は、土壌中から線虫個体およびそれらに由来する DNA を取り除くことを目的として、予めクロロホルムくん蒸（24 時間、25 度、暗所）を施し、約 1 週間風乾させたものです。この状態の土壌は、上記の手順で土壌締固めと DNA 抽出を行った場合にリアルタイム定量 PCR の測定値として得られる値である threshold cycle（以下、Ct 値）は検出されず、キタネグサレセンチュウ由来 DNA は残存していません。一方、この土壌を用い、ジャガイモシストセンチュウ由来 DNA について、特異プライマーでリアルタイム定量 PCR を行ったところ、こちらは Ct 値が得られました。このことから、キタネグサレセンチュウが居るかどうかわからない土壌については、DNA 抽出時にジャガイモシストセンチュウの DNA を内部標準として添加してから、キタネグサレセンチュウとジャガイモシストセンチュウの二者をターゲットとしたリアルタイム定量 PCR を行うことが測定精度向上のために有力です。そうすることで、測定結果として試料からキタネグサレセンチュウ由来の DNA が検出されなかった場合に、次の①②のいずれが原因であるか容易に判断できます：

- ① ジャガイモシストセンチュウ DNA も検出されない場合には、DNA 抽出のミスの可能性が高い
- ② ジャガイモシストセンチュウ DNA が検出されたならば、抽出操作には問題が無く、試料中にキタネグサレセンチュウが存在しなかったと判断してよい

黒ボク土壌と灰色低地土におけるキタネグサレセンチュウ定量の例：キタネグサレセンチュウを添加した土壌を試料とし、これまでに述べた手順で土壌締固

めと DNA 抽出の工程を行い、その後リアルタイム定量 PCR を行って、その測定値として得られる値である threshold cycle (以下、Ct 値) と添加したキタネグサレセンチュウ数との相関を比較しました。結果を図 5 に示します。添加したキタネグサレセンチュウ数と得られた Ct 値との間の相関は、黒ボク土壌 ($r^2=0.981$ 、 $P<0.001$)、灰色低地土 ($r^2=0.965$ 、 $P<0.001$) とも有意で十分高く、土壤締固め法を介したリアルタイム定量 PCR によってキタネグサレセンチュウの存在確認と定量を行うことができると判断しました。

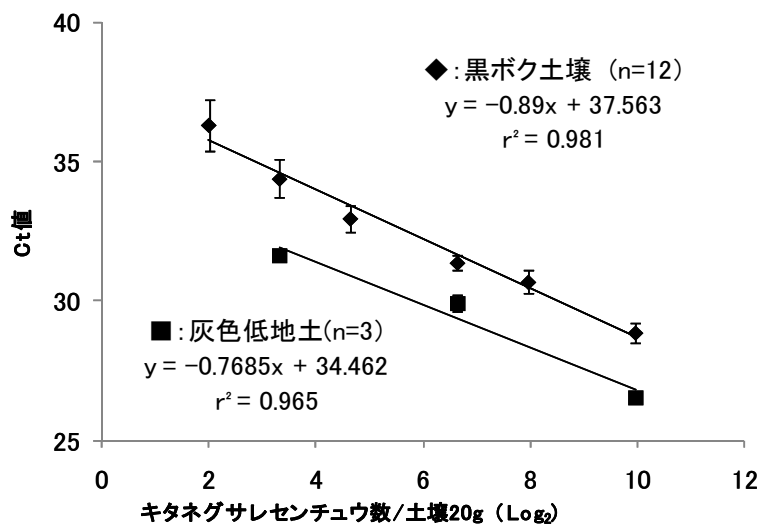


図 5 キタネグサレセンチュウ数と定量PCR測定値(Ct値)の関係 (** $P<0.01$)

注1) 黒ボク土壌には乾土20gあたり1,4,10,25,100,250,1000頭のキタネグサレセンチュウを添加した(それぞれ12反復)。これらのうち、1頭/乾土20gのサンプルは12反復のうち5反復でCt値が得られなかった。4頭/乾土20g以上の密度のサンプルでは12反復全てでCt値が得られた。

注2) 灰色低地土には乾土20gあたり10,100,1000頭のキタネグサレセンチュウを添加した(それぞれ3反復)。全てのサンプルにおいてCt値が得られた。

リアルタイム定量 PCR の手順

手順 1. 下記①～④を混合し、反応液が 10 μ l になるように蒸留水を加える。

- ① 鋳型 DNA 2 μ l
- ② プライマー 5 μ M
- ③ 0.1 μ g μ l⁻¹ of BSA (bovine serum albumin)
- ④ Fast SYBR Green Master Mix (Life Technologies Japan, Tokyo, Japan) 5 μ l

手順2. 反応液をリアルタイム定量 PCR Step One Real-Time PCR System (Life Technologies Japan, Tokyo, Japan) にセットして、起動する。

キタネグサレセンチュウ (Sato et al. 2007)

・プライマーセット

NEGf: 5'-ATTCCGTCCGTGGTTGCTATG-3',

NEGr: 5'-GCCGAGTGATCCACCGATAAG-3'

・PCR サイクル

95°C 20 秒→(95°C 3 秒、 62°C 30 秒) × 40 cycles

ジャガイモシストセンチュウ (Toyota et al. 2008)

・プライマーセット

PCN280f : 5'-GCGTCGTTGAGCGGTTGTT-3'

PCN398r : 5'-CCACGGACGTAGCACACAAG-3'

・PCR サイクル

95°C 20 秒→(95°C 3 秒、 62°C 30 秒) × 40 cycles

3. 本技術の利点、留意点と活用方法

3-1. 所要時間が短い

本研究で開発した「土壌締固め法を介したリアルタイム定量 PCR によるキタネグサレセンチュウの定量」は大きく分けて3つの工程（土壌締固め、DNA抽出、リアルタイム定量PCR）がありますが、1つの土壌試料につき、全ての工程はおよそ4時間程度で終了します。一方、従来の方法（線虫を土壌から分離し、顕微鏡下で定量する方法）では、工程的には2つですが、土壌からの分離だけで2-3日を要します。こ

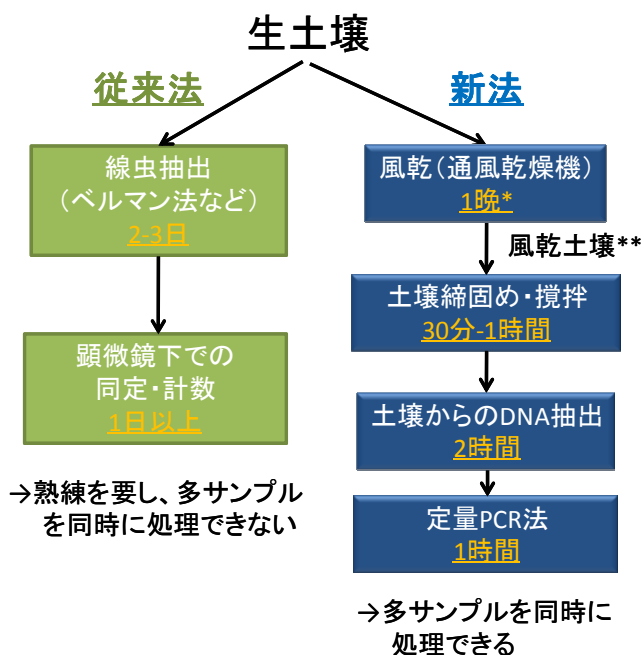


図6 従来法と新法の手順および所要時間の比較

*: サンプル翌日から線虫分離をする場合がある。その1晩を利用。

** : 5カ月間保存してもDNAは安定的に検出できる(水分率9%の時)。

のことから、本技術は従来法に比べて、迅速にキタネグサレセンチュウの定量が行うことができます(図 6)。

3-2. 卵や休眠状態にある線虫も検出可能

また、さきに述べたように、ベルマン法での土壌からの線虫の分離率は 50% とされ、卵や休眠状態にある線虫については、それらは作物栽培期間中に活動期を迎えて作物を加害するリスクがあるにもかかわらず、検出できません。つまり、ベルマン法ではターゲットの線虫が検出されなくても、実際には土壌中に分離されずに存在する可能性があります。しかし、作物の線虫被害を調査するにあたり、卵や休眠状態にある線虫の有無や密度も把握することが必要です。本技術では、DNA 抽出の際に添加する「内部標準」と「ターゲット (本研究ではキタネグサレセンチュウ)」のそれぞれのリアルタイム定量 PCR の結果を比較することで、土壌中のターゲット線虫の存在の有無を確認することができます。また、土壌締固め法の採用により従来法の約 2~12 倍のキタネグサレセンチュウを検出できたことから、ベルマン法で分離できない形態の線虫も検出できている可能性が高いと思われます。これらのことから、従来法に比べ、土壌中のキタネグサレセンチュウ数をより正確に反映できる技術になりえると言えるでしょう。

3-3. 顕微鏡下で線虫を同定し計数する工程が不要

上記の 2 点に加えて、本技術では、線虫の専門的かつ熟練した経験は必要なく、基本的な分子生物学的実験を経験したことがある人であれば土壌中のキタネグサレセンチュウの定量を行えるのも利点として挙げられます。また、植物寄生性線虫の特異的なプライマーはキタネグサレセンチュウだけでなく、サツマイモネコブセンチュウ (Toyota ら 2008)、ジャガイモシストセンチュウ (Toyota ら 2008)、ダイズシストセンチュウ (Goto ら 2009) があり、これらの植物寄生性線虫も 1 つの DNA サンプルで密度を測定できます。

3-4. 本技術を活用する具体的な取り組み

現在、作物生産において殺線虫剤の使用が欠かせない圃場・場面が多数あり、多くの殺線虫剤が使用されています。しかし、一方で、殺線虫剤が本当に必要かの判断をせずに、保険的に使用している場合も少なくないようです。殺線虫剤に限りませんが、予防的、保険的な農薬施用が、その圃場について必須かどうかを判断する基準を提供することは、無駄な殺線虫剤使用を回避するために有力と考えられます。

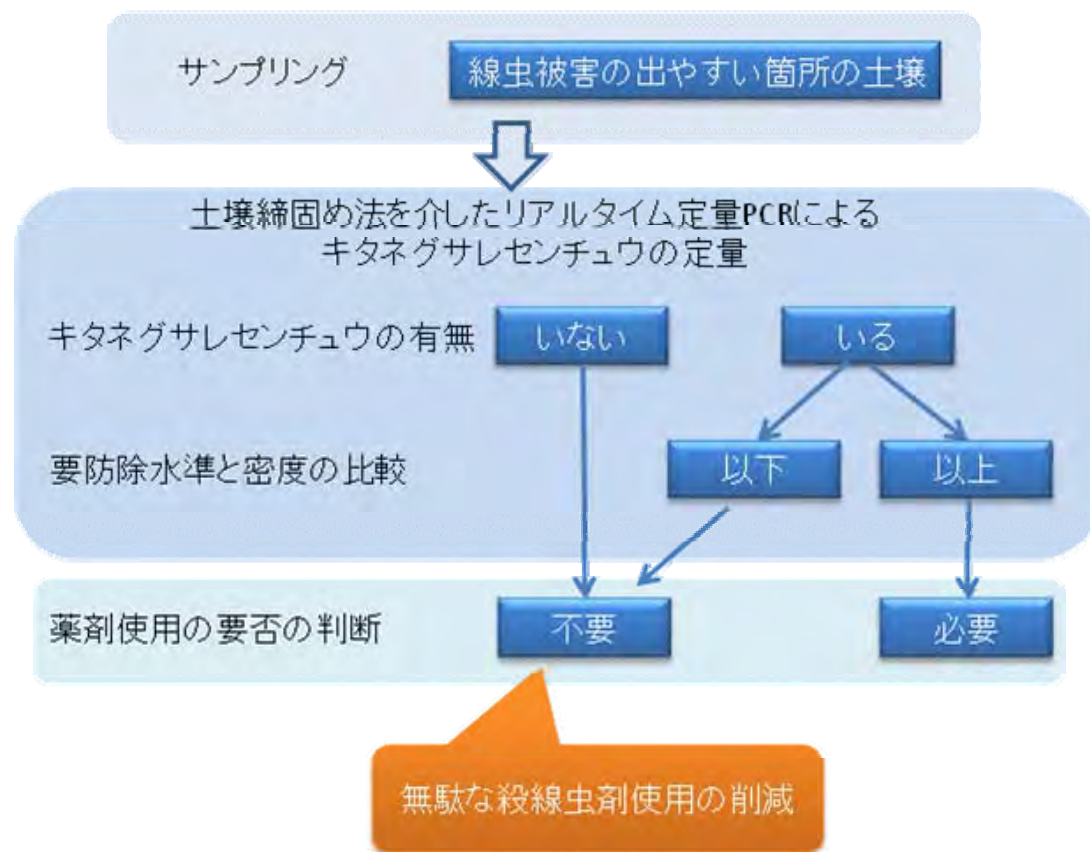


図7 本技術を利用した殺線虫剤使用可否の診断フローチャート

本研究のターゲットであるキタネグサレセンチュウに関しても、主要野菜のひとつであるダイコンへの被害が大きいため、殺線虫剤が頻繁に使用されます。これまでも殺線虫剤が必要な圃場かどうか判断するために、線虫被害を予測・診断する研究が行われてきました（西沢 1973、大林 1989、三平 2002、Sato et al. 2009）。しかし、これらの研究の成果は広く活用されたとは言えません。それは、これらの研究例では土壌中線虫密度を評価する場合の精度が十分でなく、キタネグサレセンチュウが作付け前の圃場の土からは検出されなくてもその圃場で栽培したダイコンにキタネグサレセンチュウの被害が見られるケースがあったことなども一因と考えられます。

近年の病害虫防除は、消費サイドの強い意向も反映して総合的病害虫管理（Integrated Pest Management: IPM）が主流となっており、植物寄生性線虫被害の防除においても IPM の実践が叫ばれています。そのためには、先に記した研究例のように、要防除水準や、線虫被害の出やすい土壌環境条件などを勘案した、線虫被害の予測・診断を行う必要があります。現在、筆者を含む研究グループはキタネグサレセンチュウのダイコンへの被害、サツマイモネコブセ

ンチュウのサツマイモへの被害に関して、作付け前土壌の植物寄生性線虫密度を調査し、その後の被害度調査の結果と照らし合わせて、的確な要防除水準を設定することを目指し、研究に取り組んでいます。本技術の開発はその研究の一貫として行われたものです。土壌中の植物寄生性線虫密度を、従来法よりも迅速かつ簡便に、また精度よく定量することのできる本技術は、従来法を補完する基礎技術になりえると考えます。本技術を用いて、線虫被害を予測し、殺線虫剤の要否を判断することで、植物寄生性線虫に対する IPM に大きく貢献できると考えています(図 7)。

4. 残された問題点と今後の展望

最後に、本技術の留意点を 2 点、挙げておきます。一つは、表 1 のなかで示したように、本技術を適用できない土壌タイプが存在することです。もう一つは、土壌タイプによって検量線を作成する必要があるという点です。現在、これらの問題の克服と要防除水準設定にむけて、土壌締固め法に替わる技術の研究を進めています。土壌締固め法はマンパワーで行うものですので、個人差や疲労から締固めに若干の差が出てきてしまいます。そこで、現在は、粉碎機のボールミルを用いた方法 (Goto et al. 2010、Min et al. 2011) を開発しています。ボールミル法はマンパワーを必要としないので、上記のような問題は発生しません。また、リアルタイム定量 PCR での土壌の種類に依存しないこともボールミル法の利点でもあります。

※ 本技術開発は、実用技術開発事業「メタゲノム線虫診断の導入による殺線虫剤使用量の 30%削減」において実施しました。

参考文献

- Donn S. et al. (2008) *Appl. Soil Ecol.* 41 : 234-238.
Goto K. et al. (2009) *Nematol. Res.* 39: 1-7.
Goto K et al. (2010) *Nematol. Res.* 40 : 41-45.
Hoshino T. Y. and Matsumoto N. (2004) *Micorobes Environ.* 19: 13-19.
Ikeda S. et al. (2008) *Micorobes Environ.* 23: 159-166.
Ingham R. E. (1994) *Methods of soil analysis part 2. Microbiological and Biochemical Properties.* (Weaver R. W. ed.) 459-490.
Krsek M. and Wellington E. M. H. (1999) *J. Microbiol. Methods* 39: 1-16.
Madani M. et al. (2005) *Mol. Cell. Probe.* 19: 81-86.

- Min et al. (2011) *Nematology*.13:95-102.
三平東作 (2002) 今月の農業 46: 85-89.
西澤 務 (1973) 植物防疫 27: 451-458.
大林延夫 (1989) 神奈川園誌研報 39: 1-90.
Oka Y. and Mizukubo T. (2009) *Nematology* 11: 51-61.
Pudasaini M. P. et al. (2008) *Nematology* 10: 47-54.
Sato E. et al. (2007) *Jpn. J. Nematol.* 37: 87-92.
Sato E. et al. (2009) *Soil. Sci. Plant Nutr.* 55: 478-484.
Sato E. et al. (2010) *Nematol. Res.* 40: 1-6.
Toyota K. et al. (2008) *Soil. Sci. Plant Nutr.* 54: 72-76.
豊田剛己ら (2010) 植物防疫 64: 1-6.

研究担当者 :

- 佐藤恵利華 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
須賀 有子 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

収穫機による小ギクの一斉収穫と機械収穫のための開花斉一化栽培技術

1. 本技術の背景と意義

切り花ギクは、わが国切り花生産の約 1/3 にあたる 5,709ha（うち、小ギク 1,765ha）で栽培され、市場卸売額 1,000 億円の最重要花きです。しかし近年、輸入が増加傾向にあり、金額でもキク全体の 6%を超えてきています。小ギクも例外でなく、量的には未だ僅かですが、輸入は増加基調にあります。

切り花ギク生産において、収穫調製作業は最も省力化の遅れている分野であり、小ギクでは全労働時間の 46%にも達します(図 1)。現状の収穫作業は、圃場全体を見回って出荷適期の花を探しながら 1 本ずつ採花するため、熟練が求められる上に作業時間が非常に長くなっています(図 2)。

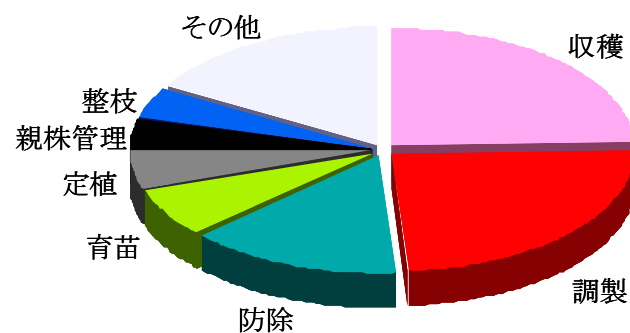


図1 小ギクの作業別労働時間
(夏秋季咲き作型)



図2 慣行の小ギク収穫作業 (奈良県)

沖縄県では一斉収穫も行われているものの、切り花の搬出と選別は熟練者の手作業によっており、労働生産性は高くありません。また、これら収穫調製作業は1作型あたり 10 日~2 週間程度の期間に集中するため、規模拡大の制限要因となっており、沖縄県および近畿地域のいずれにおいても、担い手農家の規模拡大は約 2ha 程度がひとつの限界となっています。

そこで本研究では、小ギクの収穫の省力のため、収穫機の開発と機械収穫に適した一斉開花栽培技術を開発しました。

2. 開発した小ギク収穫機の概要と使用方法

2-1. 小ギク収穫機の概要

小型収穫機(図 3)は開花適期の小ギクを一斉に収穫するための機械で、専用の運搬台車(図 4)と組み合わせて使うことにより、従来と比べ効率良く楽な収穫作業が可能です。収穫機の主な構成は、小ギクを一斉に刈り取る刈り取り部、刈り取った小ギクを機体の後方に傷つけることなく搬送する搬送部、搬送された小ギクを収穫布に収集する収容部から成り立ちます。さらにこの収穫機はフラワーネットも同時回収できる巻き取り機構も備えています。

収穫機の適用範囲は、栽植幅 60~70cm に 2~4 条で栽培された小ギクを対象とし、刈り高さは畝面から 9cm 以上、採花後の切り花長は 120cm まで対応できます。

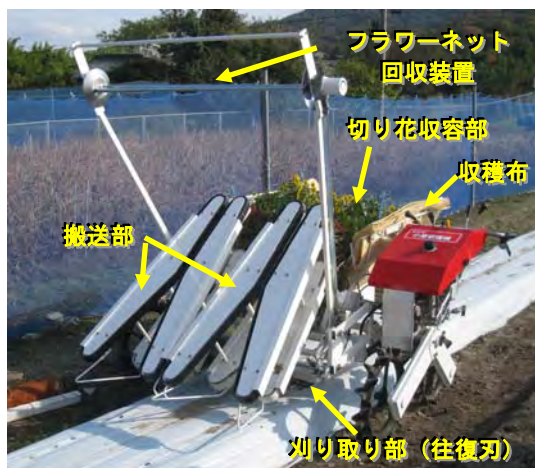


図3 小ギク収穫機



図4 搬出用台車

エンジン駆動で、走行部、刈り取り部、搬送部およびフラワーネット回収部にそれぞれ駆動を分配しています。また安定した走行ができるように 3 輪駆動の畝間走行となっており、旋回も小スペースで行えるように刈り取り部と搬送部は油圧で上昇できます(表 1)。

刈り取り部にはデバイダーを設け、小ギクを確実に刈り取り部に案内します。搬送部で小ギクの地上部を掴むと同時に刈り取りを行います。刈り取り高さは、畝面より数段階に調整することができます。刈り取った小ギクは 2 段の搬送ベルトにより機体後方に搬送しますが、その際、下のベルトでは小ギクの基部をしっかりと保持し、上のベルトは小ギクを抱くように保持します。さらにこの 2 段の搬送ベルトは上のベルトを下のベルトより速く搬送させることにより、搬送過程で小ギクを確実に斜め後方に傾かせ、収容部での切り口を揃える効果もあります。

表1 収穫機の主要諸元

機械仕様		
機体寸法(cm)		213×160×95(全長×全幅×全高) (沖縄仕様は全幅170)
機体質量(kg)		187.4
エンジン	種類	85cc空冷4サイクルガソリン
	出力/回転速度 (kw [ps] /rpm)	1.47 [2.0] /3600
走行部	車輪	前輪2個+後輪1個(左側)、全輪駆動
	速度(cm/s)	作業速(低)8.1~12.3(高)18.9~28.8 路上速(低)65.9~100.0(高)154.7~235.1
	輪距(cm)	120(沖縄仕様は140)
刈り取り・ 搬送部	上下調節	刈り高さセンサ連動油圧式
	上下調節範囲(cm)	地上から16~52
	刈り高さ調節範囲(cm)	畝面から9~25
	切り花長(cm)	最大120
	刈刃種類	水平往復刃
適用栽植様式等		
畝幅(cm)および畝高さ(cm)		120~150、10~30
草丈(cm)		最大130
条間、条数		2条植え:条間35~40cm 4条植え:条間13-30-13cm(不等条間)
適品種の例	奈良での検証品種 (季咲き作型)	・小雨(7月咲き, 白)・しずか(8月咲き, 白)・ 銀蝶(9月咲き, 白)・落葉(10月咲き, 黄)・ 紅星(11月咲き, 赤)・金うさぎ(11月咲き, 黄)
	沖縄での検証品種 (電照12~3月作型)	・つばさ(白)・しずく(白, 施設では×)・沖の 乙女(赤)・さくら(赤)・沖のつばき(赤)・金秀 (黄)・沖のくがに(黄, 施設では×)・沖のひ かり(黄)・沖の黄寿(黄)

2-2. 収穫機の作業手順と省力効果

(1) 機械収穫のための事前作業

事前作業として支柱の撤去とフラワーネットの除去を行います(図5)。外したネットはこの時点で巻き取るか、そのまま置いておきます。ネットを外した時に大きく広がったり、倒れたりする場合は、ネットは完全には外さず、花房のなかほどまでにしておきます。その場合、支柱をすべて撤去せず、数本おきに残しておきます。キクがしっかりしていれば10mに1本を残す程度で十分です。キクが軟弱で、風



図5 機械収穫のための事前作業

が吹いて倒れる心配があるときには4mに1本程度（通常栽培時の半分）に減らしておきます。収穫機が畝に進入する部分は1m程度を手刈りし、スペースを確保しておきます。機械の収容部には収穫布を20枚程度重ねてセットしておきます。これで約50m分の畝を収穫布の補給なしで収穫ができます。

(2) 畝への進入

最初にフラワーネットを支えている手前の畝端の支柱を抜き、収穫機を畝に進入させます(図6)。この時、刈り高さセンサが畝の上に乗っていることを確認し、刈り高さの調整を行います。次にフラワーネットを保持している角材等をフラワーネット回収部にセットし、フラワーネットが直線状になるまで回収部を回転させます。



a 畝への進入

b 刈り高さセンサの確認

c ネット回収部セット

図6 畝への進入とフラワーネットの回収準備

(3) 刈り取り作業（2名作業）

運転者1名と搬出担当者1名で行います(図7)。2.5~3.0mを刈り取るごとに一旦停止し、収穫布を結束します。結束本数は慣行よりやや少ない200~250本が適切です。結束した束は後続する搬出台車に移し替えるか、畝の上におきます。刈り取りと結束のサイクルを繰り返しながら進んでいきます。台車に6束積載できたら、圃場外へ搬出します。



図7 2名での収穫作業

(4) 刈り取り作業（4名作業）

倒れるキクの場合には、収穫機の前方両サイドに補助者2名が付き、小ギクが確実に刈り取り部に入るように、ネットとの分離や刈り取り部への誘導を補助します(図8)。収穫機が停止している時に残っている支柱を抜きます。



図8 4名での収穫作業

(5) 旋回

収穫機が畝の終端まで来たら、畝端の支柱を撤去し、キクを最後まで収穫して停止します。収穫布を結束したのち、必要に応じて収穫布の補給を行います。この間、補助作業者は巻き取ったフラワーネットの取り外しや、次の畝の支柱抜き等の作業を行います。旋回は、刈り取り部を上昇させた後、片方のクラッチを切り、車輪を軸に回転します(図9)。機体を切り返すことなくスピーディーに回転するためには、枕地を1.5m以上確保する必要があり、枕地と手刈り部分の合計が2.5mになるようにします。



図9 圃場端での旋回

(6) 搬出台車の運用方法

圃場手前(道路側)から奥に向かって収穫機が走るときには、台車を収穫機に後続させて使用します。収穫機が圃場奥から手前に向かって収穫しているとき(図10の畝②)は、搬出台車は使用せず、搬出担当者は結束の補助を行います。収穫機が畝③の刈り取りを始めたとき、畝②に置かれた収穫束を奥から順次搬出し、その後畝③の搬出に移ります。

搬出台車の速度は収穫機を速く上回っており、収穫機による刈り取りと台車による搬出はほぼ同時に終わることができ、収穫機

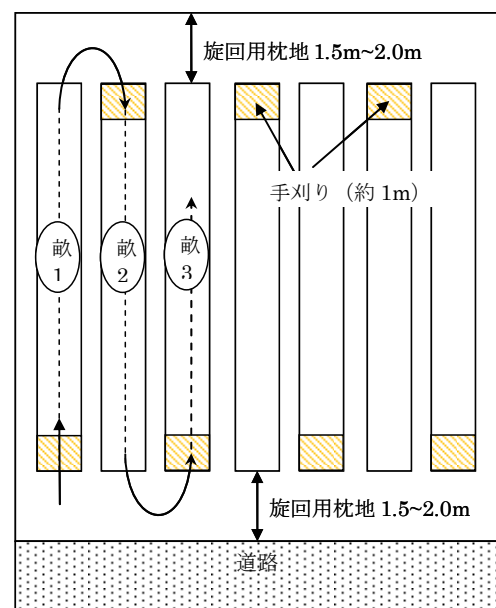


図10 搬出台車の運用方法

の所要時間から、その日の圃場作業時間を見積もることができます。圃場条件により、1名での搬出が難しいときには、刈り取りと結束を先に終えてしまい、その後2名で台車を操作し、まとめて圃場外に搬出します。

(7) 作業能率と作業精度

圃場の形によって作業能率は異なりますが、畝が長いほど旋回が少なく高能率です。収穫機と搬出台車を同時に使用する作業方式では、10aあたりの作業能率は、事前作業工程も含めて12.8人・時（2名作業時）および16.3人・時（4名作業時）であり、慣行の選択収穫方式に対しては65～55%削減、一斉収穫方式に対しては51～38%削減できます（表2）。

表2 機械収穫の作業能率

		慣行 注1)		開発機利用 注2) (作業速15cm/s)	
		選択収穫 (奈良)	一斉収穫 (沖縄)		
作業方法	収穫方法	花切鎌による手刈	刈払機 (1名操作)	収穫機 (1名操作+1名搬出)	収穫機 (1名操作+1名搬出+補助者2名)
	作業人数	2	2	2	4
	搬出方法	手運搬	1束積み台車	6束積み台車	6束積み台車
	事前作業	なし	なし	支柱撤去、 フラワーネット除去	支柱撤去
作業能率注3)	作業時間 [時/10a]	18.2	13.1	6.4	4.1
	総作業時間 [人・時/10a]	36.3	26.2	12.8	16.3
	対慣行 (手刈り)比	100	72	35	45
	対慣行 (刈払機)比	139	100	49	62
葉の損傷枚数 [枚/本] 注4)		4.6		7.3	
内、切り口から	20cm以上	1.3		2.0	
	20cm未満	3.4		5.3	

注1) 調査は奈良において2005年6月、沖縄において同2月に行った。栽植様式: 奈良: 2条植え(条間36cm)、沖縄: 5条植え(条間13-13-26-13cm)

注2) 畝長さ(実作付部)45m、畝幅125cm、株間12cm、2条植え、5本仕立/株。
注3) 慣行作業は選択収穫および畝幅の違いのため、注2)の栽植様式における10aあたりの立茎数(60000本)を収穫するとして算出。

注4) 同一畝での比較試験結果。2010年12月調査、品種: 沖の乙女、金秀、サンプル数: 各品種40本。

収穫機で刈り取ったキクの茎には損傷が認められず、葉の損傷は主に出荷時には取り除く下葉の範囲のみです。また、結束後の茎の切り口の揃いは 20cm 以内であり、収穫後に行う水揚げ時の水深の範囲内です。切り下株にも損傷はなく、収穫後の萌芽も良好です(図 11)。



図11 収穫後の切り下株（左）と萌芽（右）

3. 機械収穫のための開花斉一化栽培技術

3-1. 系統選抜の方法と有効な品種

産地では、過去 10 年以上に亘って長く栽培されているロングセラー品種が多くあります。こうした品種では、開花斉一性が劣ることがしばしば観察されます。これは、花色のように目で見てわかる枝変わりと同じように、目に見えにくい開花の早晚性においても遺伝的なばらつきが発生している可能性を意味します。図 12 は 8 月咲き‘広島紅’の例ですが、同じように管理した親株でも、その親株個体によって明らかに開花時期が異なっています。



図12 親株個体による開花時期の違い（8月咲き‘広島紅’）

このことに着目して、実際に開花のばらつきやすい夏秋ギク品種で、開花早晚性による系統選抜を行うと、開花斉一性を高めることができます。図 13 は、産地で収集した‘広島紅’の親株群から抜き出した選抜系統ごとの開花時期を示していますが、早生系統と晩生系統が明確に分離され、開花期間も短く斉一化しています。

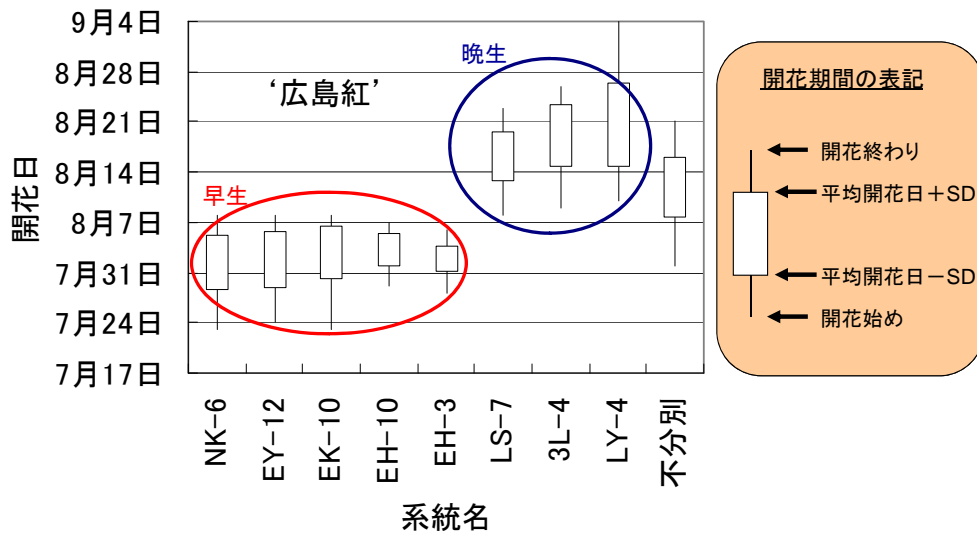


図13 産地で収集した親株に見られる開花早晩性の系統分離とその選抜効果（8月咲き‘広島紅’）

この系統選抜の効果は、年次や生産場所が変わっても、きちんと再現されることを確認しています。

選抜系統維持の注意点

選抜した親株個体の維持にあたっては、その早晩性の特徴を顕著に示す株を、次作の親株として残す必要があります。しかし、その選択基準はあまり厳しいものではなく、系統集団内で極端に開花がずれた株を除外する程度の選抜（図14、SD区）で、翌年の開花斉一性も高く維持できることがわかっています。

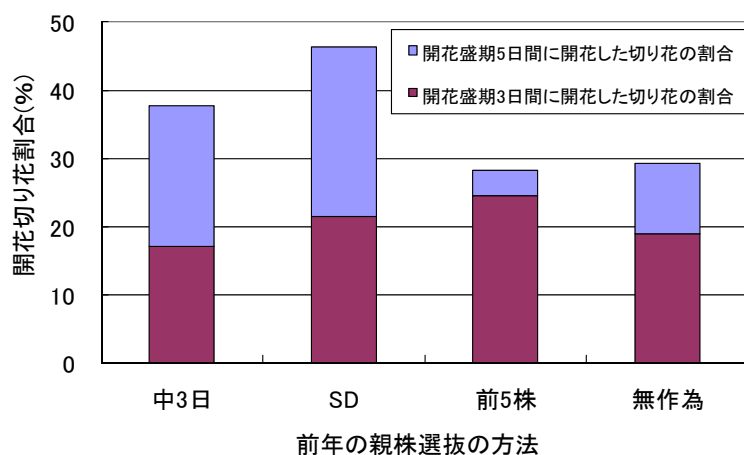


図14 選抜系統の親株選択の方法が翌年の開花斉一性に及ぼす影響

（8月咲き品種‘広島紅’早生系統EH-3）

- ・ 中3日区：株ごとの平均開花日が開花盛期3日間にあたる株を選抜
- ・ SD区：株ごとの平均開花日のばらつき（標準偏差，SD）が小さい株を選抜
- ・ 前5株区：株ごとの平均開花日の早い株を選抜
- ・ 無作為：株を選ばずに無作為に選択

3-2. 生態型に応じた開花斉一化栽培のポイント

(1) 生態型（作型）と栽培技術の対応

小ギクは露地生産が主であるため、品種が非常に多く利用されており、開花習性によって区分される生態型品種群としても、夏ギク型、夏秋ギク型、秋ギク型、寒ギク型の全てにわたっています。このため表3のように、各品種群によって開花斉一化に効果の高い方法も異なってきます。

電照による開花制御ができず主に温度によって花芽分化する夏ギク型品種では、ロゼット打破以降の茎伸長と花芽分化時期までの生育のばらつきが、開花斉一性に影響します。このため、初期生育を揃えることのできる挿し芽苗利用、保温管理、暗期中断などが重要となります。夏秋ギク型品種では、春から夏にかけての幼若性の消失過程が開花時期に大きく影響するため、その制御に関連する系統選抜、苗冷蔵や台刈り方法などが重要となります。また、7～8月咲き品種の中にも、秋ギク型品種のように電照による開花制御が可能な品種があり、こうした品種を用いて電照栽培を利用すると大幅な開花斉一化が可能となります。

これらに対し、日長で開花期がほぼ決定される秋ギク型品種では、電照管理が極めて有効で、その最適化が重要です。一方、生育中に発生する栄養成長のばらつきを修正する技術は、夏秋ギクから寒ギクまで広く効果があり、株間密植、整枝本数、植調剤散布、下葉除去などが、これにあたります。

表3 地域と作型ごとの効果的な開花斉一化の方法

地域	作型		品種群	効果的な斉一化技術									
				遺伝的要素		栽培的要素							
				品種選択	系統選抜	親株	育苗	定植	整枝	生育管理	電照		
近畿	5,6月咲	季咲き	夏ギク	適品種	系統分離		挿し芽苗				換気温度	電照	
	7,8月咲	季咲き	夏秋ギク			台刈法	苗冷蔵	株間方向の密植	立茎数の制限	群落側面の遮光	暗期中断での抑制	植調剤の散布	下葉除去
	7,8月咲	電照	夏秋ギク										
	9月咲	季咲き	夏秋ギク										
	10～12月咲	季咲き	秋ギク・寒ギク										
沖縄	12～3月咲	電照	秋ギク	適品種									

(2) 親株の管理

・春先の強い台刈り

夏秋ギクでは、親株を春先に台刈りして挿し穂を揃えています。しかし、慣行の地上高 10cm 程度の台刈りでは、越冬後に出てきた茎やロゼット状態から少し伸び上がった茎など様々な節位の挿し穂が混在しています。挿し穂を採穂した節位別に開花日を見ると、採穂節位が高いほど開花が早まることがわかっています(図 15)。

そこで、採穂する節位をできるだけ揃えるため、地際までの深い剪定(底刈区)や除草剤(プリグロ区)によって、地上部を一旦なくすような台刈りを行うと、開花斉一性が高くなります(表 4)。

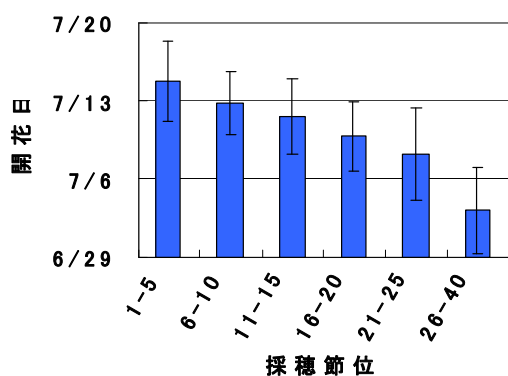


図15 挿し穂の採穂節位が開花日に及ぼす影響 (7月咲き‘みのる’)

表4 親株の台刈り方法が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響

品種	試験区	平均開花日 ± SD	5日率 ²⁾
秀玉	慣行	9月9日 ± 4.0	62.9%
	プリグロ	9月12日 ± 3.3	63.0%
	底刈	9月11日 ± 2.9	71.1%
鈴丸	慣行	10月2日 ± 2.7	77.5%
	プリグロ	10月2日 ± 2.3	91.4%
	底刈	10月2日 ± 1.5	91.7%

2) 5日率は、開花ピークの5日間で開花した切り花本数の全切り花本数に対する割合

(3) 育苗

・挿し芽苗の利用と低温期の電照

奈良県など夏秋産地の5~7月出荷では、大苗の秋定植が主に行われています。しかし、この作型では冬至芽由来の枝を切り花にするため、開花が非常に揃いにくく、この傾向は無加温ハウスなどで用いられる早生品種ほど強くなっています。これに対し、秋ギクに準じた挿し芽苗を利用し、定植から深夜5時間の暗期中断を行うと、低温期の初期生育が旺盛となり、開花斉一性を高めることができます(図 16)。

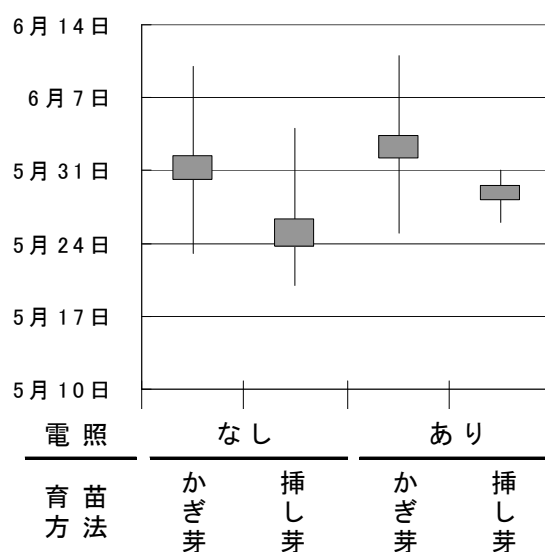


図16 挿し芽育苗と電照の有無が開花日に及ぼす影響 (6月咲き‘白がすり’)

・ 苗（穂）の冷蔵による斉一化

夏秋産地の 7～9 月出荷に用いられている夏秋ギク型品種では、栽培時の環境だけでなく、苗の素質によって開花時期が変動することが知られています。このため、開花斉一性を高めるには、苗の素質を揃えることが重要です。この対策として、発根苗（セル苗）の冷蔵処理が有効です。具体的には、2℃の冷蔵庫（暗黒条件）に定植前の 3～4 週間、入れておくことで開花斉一性が良くなります(図 17)。冷蔵処理で、開花盛期より早く開花してしまう切り花が減少し開花のばらつきは小さくなりますが、平均開花日は最大で 1 週程度、遅くなります。開花の揃いにくい 7～8 月咲きの早生品種ほど、冷蔵処理による開花斉一化の効果は高くなります。

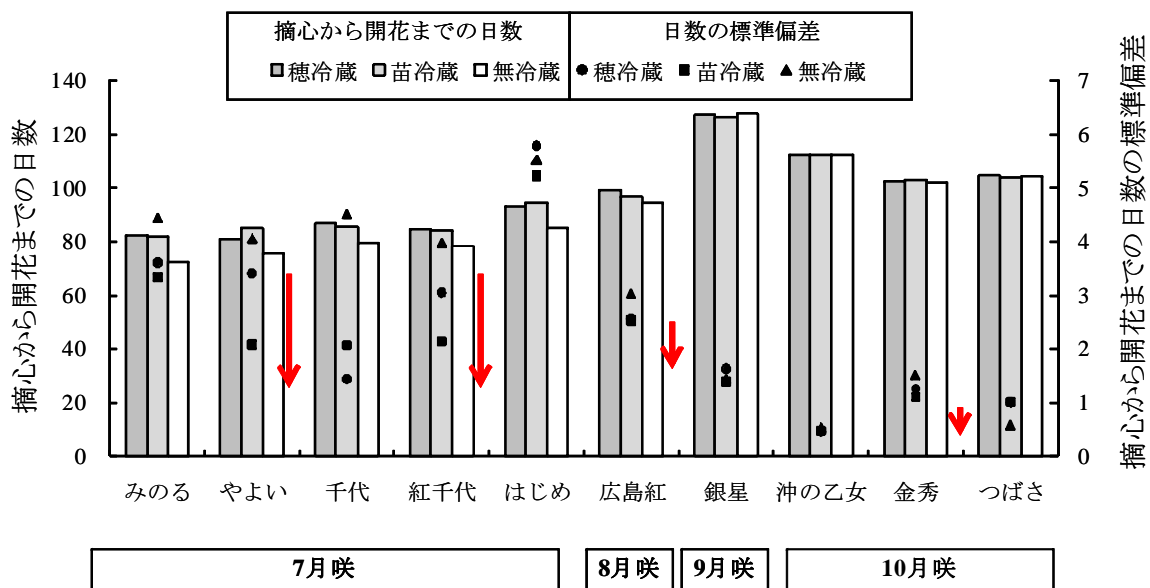


図17 苗冷蔵、穂冷蔵が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響 (2℃、4週間処理)

(4) 栽植と仕立て法

・ 株間方向の密植

8～12月出荷の夏秋作型では、条間 40cm 前後、株間 12cm 程度の 2 条植え、摘心栽培が多く行われています。これに対し、条間を変えずに株間のみを 9～10cm 程度に密植すると、図 18 のように開花斉一性を高めることができます。これは、密植によって初期から隣接株との競合が起こり、一

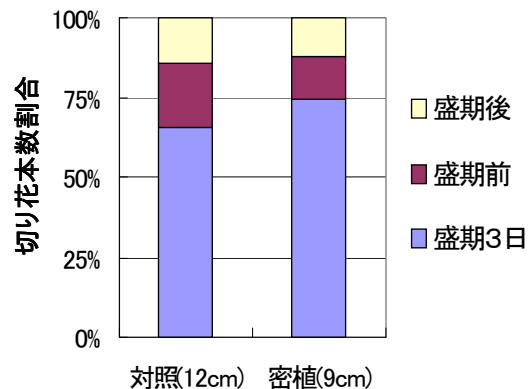


図18 株間方向の密植が開花盛期の切り花本数割合に及ぼす影響

品種：12月咲き小ギク‘新年の美’，2条植え無整枝．株あたり全立茎数は、対照4.3本、密植4.4本で差なし

一枚の葉が小さくなり、条間部分が明るくなることを通じて、生育を均一化させるものと考えられます。また、10～12月咲き品種では、茎径が太くなりすぎるのを防ぐという効果もあります。

・仕立て本数の制限

夏秋作型の整枝本数は、株あたり 4～6 本と多く、時期によっては整枝を行わない場合も多く見られます。しかし、摘心後の分枝位置と開花の早晚について調べてみると、**図 19** のように上位から 1～2 本の分枝は比較的一斉に開花するのに対し、3 本目以下の分枝は開花が遅れる方向にばらつくことが多いことが分かりました。このことから、株あたり整枝数を多くするのではなく、やや密植として仕立て本数を 2～3 本に制限して切り花本数を確保すると、開花がさらに斉一化されます。

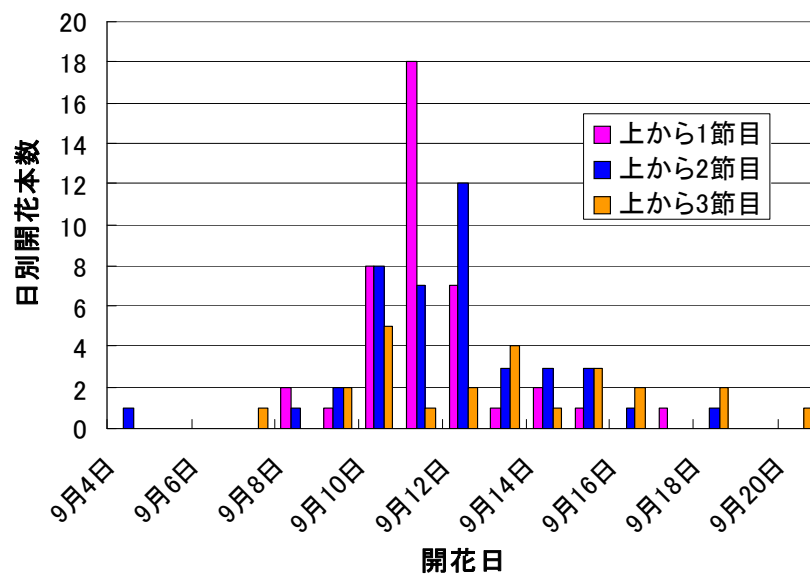


図19 摘心後の分枝発生位置による日別開花本数の分散程度（‘みのる’電照抑制栽培）

(5) 本圃の栽培環境

・光環境の影響

開花斉一性には群落としての光環境が大きく影響します。写真(**図 20**)のように、畝のなかでも通路に面した切り花の開花が早く、畝の内側での切り花の開花は遅くなります。

こうした影響を軽減するためには、フラワーネットの側面を 20～30%程度、遮光すると開花が斉一化します。



図20 畝の通路側での開花早期化（周辺部のみが収穫適期、図中矢印）

特に赤色光を減らすような資材を利用すると効果が高まります(図 21)。この実験で用いた遮光資材は、まだ研究途上で商品にはなっていませんが、特に圃場の外周に位置する畝では、こうした資材の利用も検討する価値があると考えられます。

また、防虫ネットの被覆程度(遮光率で10%前後)では問題ありませんが、50%以上の強い遮光資材を用いた場合には開花斉一性が劣ります。このため圃場全体としては、季節に応じて十分な光が得られるようにすることも開花揃いには大切です。

・ 5~6月咲き小ギクの温度管理

夏秋作型の5~6月咲きでは、ハウスでの半促成栽培も行われています。この時の換気や加温は開花斉一性に大きく影響し、開花を早めるために高温管理する平均開花日は早くなりますが、開花揃いは極端に悪くなります(図 22)。換気は23℃以下を目安とし、開花斉一性を悪くする無理な高温管理は避けましょう。

(6) 生育期間中の管理

・ 下葉の除去による不揃い補正

生産現場では、調製作業を省力化するため、収穫の直前に圃場で不要な下葉を除去する場合があります。こうした作業も計画的に行うことで、開花斉一性を高める技術となります。開花斉一化を目的とした場合、収穫の4~7週前に下葉を除去することで、開花揃いを良くする効果があります(図 23)。下葉除去の強さは切り花品質に支障のない範囲で強い方が良く、全ての茎に同じ高さで処理するのが効果的です。これは、下葉除去のショックによって生育を一時的に停滞させるとともに、その後の群落内の光環境をより均一にするためと考えられます。

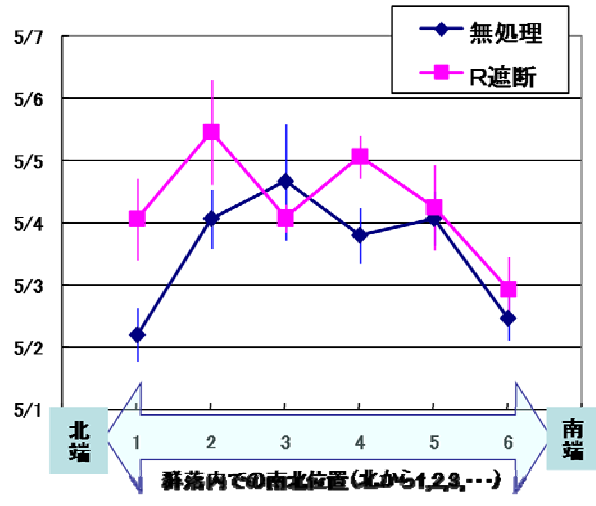


図21 通路面への遮光資材展張が条毎の開花日に及ぼす影響(品種‘琴風車’, 6条植, 2本/株仕立)

・ 図中の誤差範囲は標準誤差

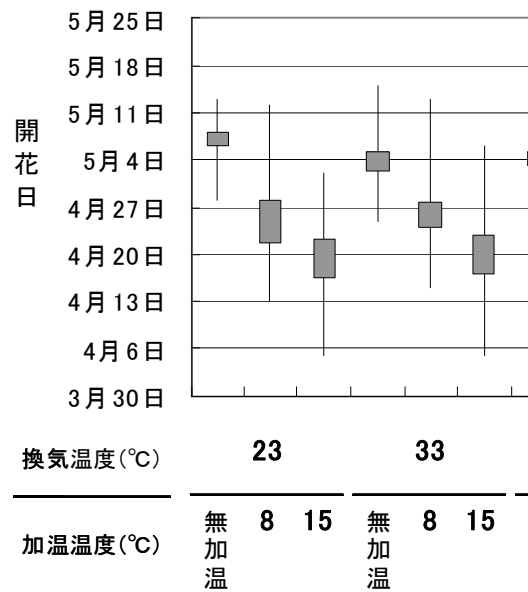


図22 換気と加温の温度が5月咲き‘清姫’の開花に及ぼす影響

注) 図中の陽線は平均±標準誤差(n=9~20)を、細線は開花始~開花終を示す。

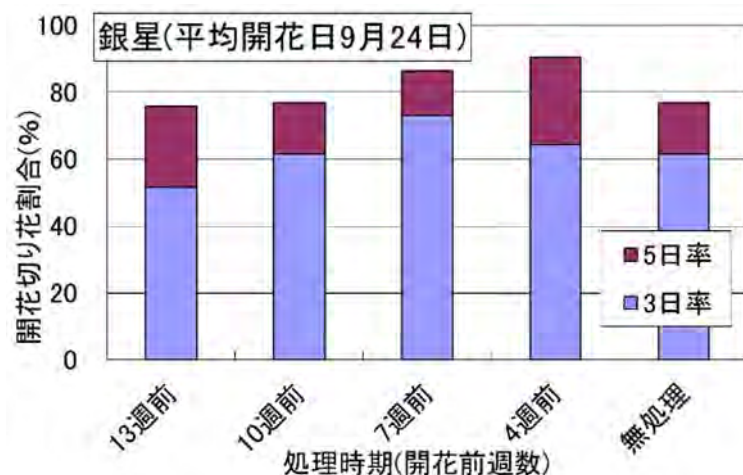


図23 下葉除去の時期が開花盛期5日もしくは3日に開花する切り花割合に及ぼす影響

・ダミノジッドの散布による不揃い補正

花首の伸長抑制に使われる植物生育調節剤の散布も、効果的に用いると開花を斉一化させるための手法となります。ダミノジッド水溶剤（商品名：ビーナイン水溶剤）の0.08%液の上位茎葉への散布処理(10ml/株)によって開花を斉一化させることができます。処理は、群落内の生育に凸凹の出てくる、未発蕾の生育中期の1回処理が適当です(図24)。

このダミノジッド処理は、写真のように、開花の早期化しやすい草勢の強く草丈の高い枝ほど多くの薬液が付着することで、群落内の生育差が調整され、結果的に開花が斉一化されたものと考えられます(図25)。ダミノジッドは過剰に処理すると、開花遅延や逆に開花のばらつきが起こることになるため、処理回数と濃度には注意します。

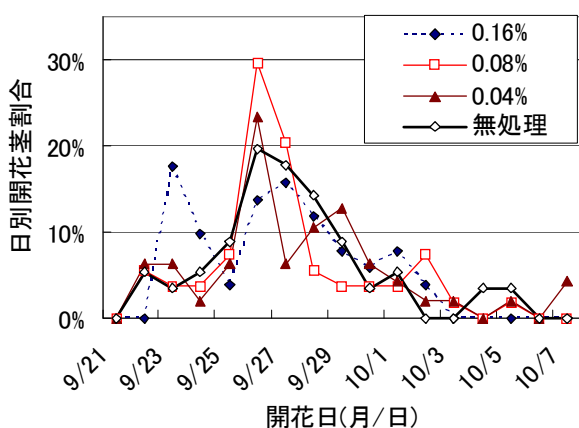


図24 ダミノジッドの濃度が日別開花茎割合に及ぼす影響
(9月咲き‘銀星’、7月23日の1回処理)

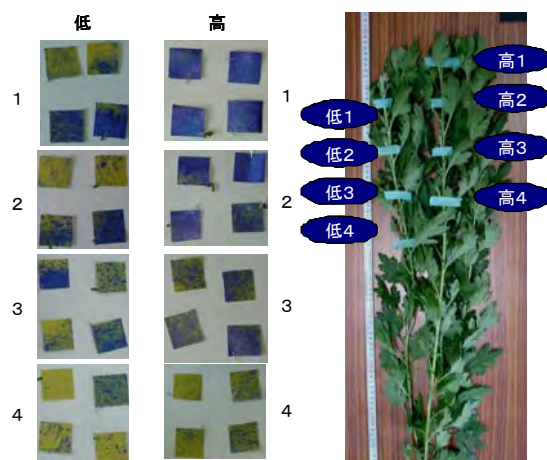


図25 切り花茎の高低と葉位による薬液の付着ムラ
(写真左の感水紙は薬液が付着すると黄→青に変色する)

(7) 電照操作

・夏秋ギクでの電照効果

電照は、夏秋ギク型品種においても開花を斉一化させる優れた方法です。図 26 は、奈良県の現地試験における累積収穫茎割合ですが、電照区で収穫開始からの期間が大幅に短縮されていることがわかります。

この事例のように、7 月咲き品種を用いた 8 月上旬出荷を目指す場合、摘心から 6 月第 4 半旬まで、深夜 5 時間(21:00～2:00)の電照を行います。

ただし、夏秋ギクの電照にあたっては、秋ギクの電照と異なる部分があるため、注意が必要です。ひとつは、電照下でも花芽分化が完全には抑制できないこと、もうひとつは、花芽発達に高温による抑制が働くということです。このため、こうした影響の少ない品種の選択と消灯日の微調整が重要となってきます。

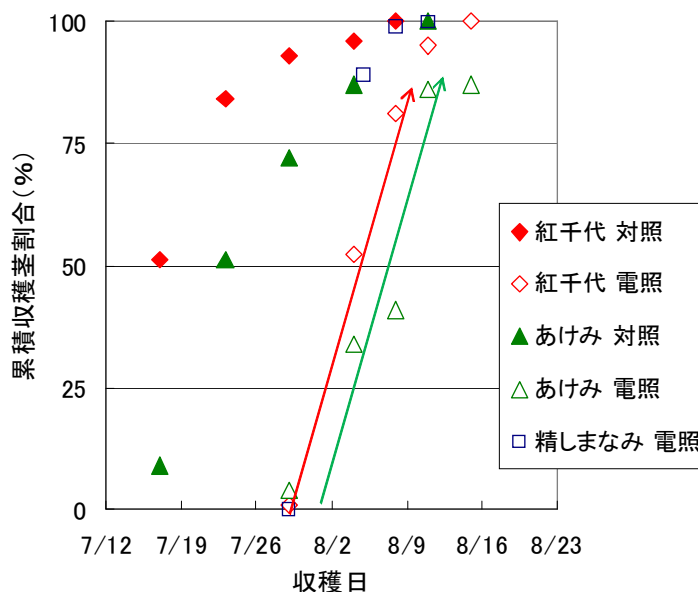


図 26 7 月咲き品種の電照による開花
斉一化効果

4. 関連技術の紹介

本技術は農林水産省・新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「小ギクの一斉収穫・調整システムの開発」(中核機関：奈良県農業総合センター)により開発されたものです。当該事業では、本マニュアルで紹介した技術のほか、機械収穫に適した品種選択、対倒伏性を向上させる栽培技術、開花程度を判別する選別機、およびつぼみ収穫切り花の開花技術が開発されています。これらの技術で構成される一斉機械収穫・調製システム(図 27)によって、小ギクの収穫・調製作業の大幅な省力化が期待できます。開発技術の具体的内容は研究成果概要集としてまとめられています(図 28、2011 年 3 月、奈良農総セ発行)。

1. 開花を斉一化させる

ピーク3日間の開花揃いを90%以上に

開花斉一性の高い
品種と系統の選択



開花揃いの
良い品種や
系統を選ぶ。

+

開花を斉一化させる
栽培法



電照や苗冷蔵、
植調剤処理など
によって、一斉
に開花させる。

2. 収穫～搬出の機械化

収穫～搬出の動作時間を半減
(約2秒/本→1秒以下)

収穫機による一斉収穫



← 切断して、200本程
度を1束に集束する。
同時にフラワーネットも
回収。

+

台車での搬出
(収集・搬出の省力化)



← 一度に6束
程度を、収
穫台車で搬
出する。

3. 選別出荷のシステム化

開花程度の選別を非熟練作業に
開花処理で商品化率も向上

開花程度選別機による
未開花茎の選別



← 開花程度を機械で
選別。未開花の切り
花は集めて、次回の
出荷に。

+

開花処理によって
未開花茎も商品化



← 糖などを含む開
花液で、つぼみ切
り花も開花させる。
このことで、商品
化率も向上。

現状 * 労働時間の半分が収穫調整
* 規模拡大は2ha前後で限界。



目標 * 収穫調整労働を1/3の100hr/10aに
* 2倍以上の規模拡大を可能に

図 27 小ギクの一斉機械収穫・調製システムの全体フロー



図 28 「小ギクの一斉収穫・調整システムの開発」研究成果概要集

5. 残された問題点と今後の展望

2010年11月と2011年1月に近畿中国四国農業研究センター、奈良県農業総合センターおよび沖縄県農業研究センターにおいて公開実験を実施し、研究・普及関係者および生産者に対する技術の紹介と意見交換を行いました。収穫精度や作業能率については実用域に達しているとの評価を得ており、今後も実証試験等を行いながら技術の実用性を高めていく予定です。



a 近中四農研 (2010年11月1日)



b 奈良農業総合センター (2010年11月30日)



c 沖縄県農業研究センター (2011年1月20日)

図 29 公開実験の様子

参考文献

- 1) 奈良県農業総合センター(2011) 「小ギクの一斉収穫・調整システムの開発」 研究成果概要集.
- 2) 田中宏明ら 切り花収穫機及び切り花収穫方法. 特願 2009-236604.
- 3) 田中宏明ら(2010) 一斉開花に対応した小ギク収穫機の開発. 第 69 回農業機械学会年次大会講演要旨, 318-319.
- 4) 陶山 純ら(2010) 小ギクの一斉機械収穫調整システムの開発. 農業機械学会テクノフェスタ講演要旨.
- 5) 仲 照史ら(2010) 切り花収穫機の開発とこれを用いた小ギクの一斉機械収穫体系での省力化効果. 園芸学研究 9(別 2), 283.
- 6) 仲 照史ら(2009) 株間方向の密植による小ギクの開花斉一性向上. 園芸学研究 8(別) 2, 333.
- 7) 仲 照史ら(2009) ダミノジッドおよびエセフォン処理が小ギクの開花斉一性に及ぼす影響. 園芸学研究 8(別)1, 425.
- 8) 角川由加ら(2009) 小ギクの開花斉一性と着葉形態の品種間差異 (第 2 報) 秋小ギクについて. 園芸学研究 8(別) 2, 332.
- 9) 渡邊武志ら(2009) 小ギクの倒伏性における品種間差および栽培法の影響. 園芸学研究 8(別)2, 331.
- 10) 仲 照史ら(2008) 夏秋小ギクの開花斉一性に及ぼす苗の影響と系統選抜による開花斉一性の向上. 園芸学研究 7(別)2, 320.
- 11) 仲 照史ら(2007) 夏秋小ギクにおける開花斉一性と着葉形態の品種間差異. 園芸学研究 6(別) 2, 359.
- 12) 仲 照史ら(2005) 水稲用バインダーを利用した切り花キク機械収穫の可能性. 園芸学会雑誌 74(別)2, 522.

研究担当者 :

田中宏明 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
 中元陽一 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
 長崎裕司 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)
 松崎健文 (近中四農研・環境保全型野菜研究チーム)

仲 照史 (奈良県農業総合センター)
 角川由加 (奈良県農業総合センター)
 平岡美紀 (奈良県農業総合センター)

共同研究者 :

陶山 純、山本 明、本荘絵未、河合正志 (みのる産業株式会社)
 渡邊武志、儀間直哉 (沖縄県農業研究センター)

耕種農家を主体とした多様な地域資源活用による堆肥づくりシステムの形成と運営の要点

1. 本研究の背景と意義

畜産農家から発生する家畜排せつ物の処理が問題となっている地域は少なくありません。畜産農家が主体となって、耕種農家が望むような良質堆肥を製造・流通させることが常にできると良いのですが、畜産農家の多くは良質な堆肥にするために手間をかける余裕がないのが現状です。そのような中で、有機農業の拡がりや化学肥料価格の上昇に伴い、成分バランスに優れたより良質な堆肥を求める耕種農家が増加しています。また、家畜排せつ物に限らず、地域の多様な有機物等を集めて堆肥化することを進めると、未利用資源の有効活用や、地域有機物の循環システムの形成が期待できます。

そこで本研究では、耕種農家が良質堆肥を確保するために共同で堆肥づくりを行う事例を対象にして、その形成・運営の取り組みがどのようになされ、課題の解決に何が必要であったか、について分析を行い、「耕種農家が主体」、「多様な地域資源の活用」をポイントとして、堆肥づくりシステムを形成し、運営する際の要点を明らかにしました。

2. 対象とした事例の概要

1) 堆肥づくりシステム形成の経過

取り上げた事例は中山間地域に位置していますが、当地の酪農家には、良質な堆肥づくりを行うための堆肥施設と労力に余裕がありませんでした。耕種農家（野菜農家中心）は酪農家により配達される牛ふん堆肥を利用していましたが、品質にバラツキがあり、未熟なものが配達される場合もありました。そこで、農業改良普及センター等の関係機関では、野菜農家が、酪農家により配達される牛ふん堆肥に新たに資材を加えて積み、完熟化して良質堆肥にして利用することを目指しました。

2002 年度より、講師（H 氏、堆肥・育土研究所）の協力を得て、堆肥づくりの講演、実習等が実施され(写真 1)、野菜農家の良質堆肥づくりへの意欲が高まり、個人で簡易な堆肥舎を建てて堆肥づくりに取り組む生産者も現れました。しかし、高齢の生産者が多いこともあり、手作業では重労働となる堆肥の切り返しが行えないことが問題となりました。



1 堆肥づくり研修会



2 堆肥の水分調整



3 堆肥の水分計測



4 堆肥全体の水分調整



5 堆肥施用の栽培試験



6 堆肥施用実習



7 消費者居住地区での野菜市



8 消費者自宅横の生ゴミ堆肥舎



9 消費者による堆肥施設見学

写真1～9 堆肥づくりシステム形成のために現地で実施された取り組み

この問題に対応し、生産者の労力的な負担を軽減することで、より多くの農家が良質な堆肥づくりに取り組めるように、遊休化していた元酪農家の堆肥舎、機械を借りて、2006年度より共同で堆肥づくりを始めました。2008年度には共同堆肥づくり部会を設立しました。部会には29戸の耕種農家が参加していますが、ほとんどは露地で小規模な多品目野菜生産を行う高齢の生産者です。

2) 堆肥づくりシステムの概要

牛ふん堆肥等の地域資源を有効利用しながら、野菜農家が成分バランスのよい良質堆肥を確保できるように、酪農家の牛ふん堆肥4、モミガラ2、養鶏農家の鶏ふん1、コメヌカ1、落ち葉1、壁土（山土）1の配合割合（体積）で混合し、完熟堆肥を作っています（図1）。現地では講師に倣い「改良畜ふん堆肥」と呼んでいます。

1回あたり50 m³の堆肥を作ります。春・秋の野菜の植付けシーズン前に配布できるようにしたいので、基本的には年に2回、堆肥材料を集め、約半年間かけて熟成させます。

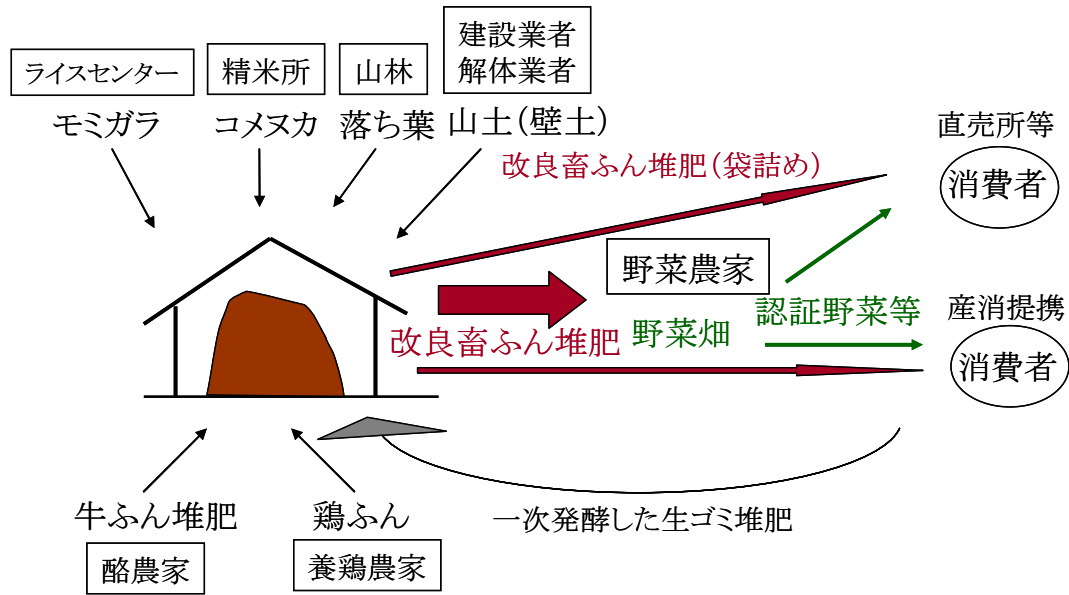


図1 地域資源を活用した堆肥づくりシステムの概要

良質堆肥にするためには、温度管理と水分管理が特に重要となります。ここでは、講師の指導のもと、事例において実施している方法を紹介します。収集した堆肥材料は、よく混ざるように、軽い順に重ねてから混合します。堆肥の温度は、**図2**のように、堆肥材料を混合して、つまり製造開始後1~2日間で60℃以上になることが大切ですが、そのためには水分管理が重要となります。堆肥材料混合時と切り返し時には水分が、60%（冬期は50%）になるように調整します。切り返しは、1回目を堆肥材料混合時から7~10日後、2回目を1回目より20日後、3回目を2回目から30日後に行います。

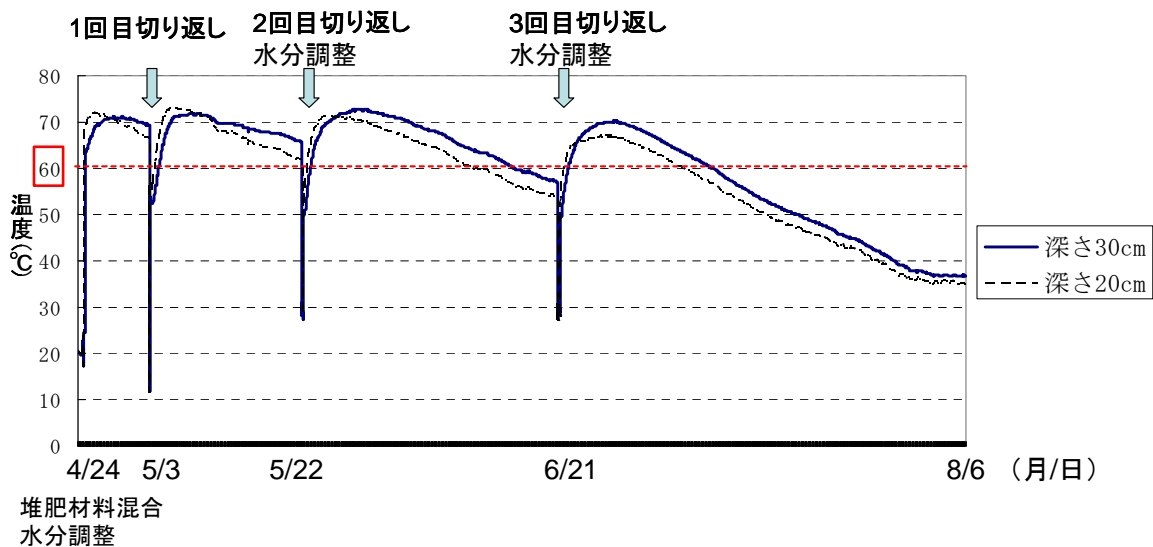


図2 地域資源を活用した堆肥づくりにおける堆肥温度の推移(2007年)

現場での水分調整は、積んでいる堆肥の平均的な場所から一輪車一杯分（50～60 L）を取り出して、その分量で 60%になるように水分調整を行ってみて、全量に対してどの程度の水を加えるべきか決めます（写真 2）。水分 60%の目安は、混合した堆肥材料を両手でよく摺り合わせて、そのとき与えた水分をなじませてから、両手で強く握り塊を造ってみることでわかります。塊ができるが、指で軽く押すと壊れる状態が水分 60%に近い状態です（写真 3）。そして、取り出した堆肥と堆肥全体の比率で堆肥全体に必要な量の水をかけます（写真 4）。

出来上がった良質堆肥を作物栽培に用いるにあたり、圃場に適正量を施用することが重要です。この現地の事例では、農業改良普及センターが主導して農家圃場で堆肥施用量を変えてジャガイモ、トマト、キャベツ等の栽培試験を行い（写真 5）、その結果と講師の経験をもとに、作物ごとに目安となる堆肥施用量を記した「改良畜ふん堆肥の施用方法」（図 3）を作成、配布しました。また、目安となる m²あたりの堆肥施用量を農家が実感として把握できるように、実際に面積当たりに必要な堆肥量を施用する堆肥施用実習を実施しました（写真 6）。

このような地域資源の利用は、家畜排せつ物処理や未利用資源の有効活用につながっています。

また、野菜農家は自らが堆肥づくりを行っていることを活かして都市の消費者との交流を行っています。すなわち、農家はこの堆肥で栽培した認証野菜（町独自認証）を、第 3 セクターを通じて都市の消費者グループに販売しており、第 3 セクターは消費者居住地区で月 2 回の野菜市を開催しているのですが、消費者から生ゴミ堆肥の回収・受け入れも行っています。生ゴミ堆肥は消費者が庭先等で一次発酵させたものです（写真 7、8）。さらに、消費者を対象に堆肥施設の見学会を行い（写真 9）、堆肥づくりの活動を野菜販売促進や消費者との関係強化に役立てています。

3. 耕種農家主体の地域資源を活用した堆肥づくりシステムの形成と運営の要点

1) 堆肥づくりシステム形成の要点

耕種農家を主体に地域資源を活用した堆肥づくりシステムを形成するには、以下の 4 点が重要となります。それぞれについて、ポイントとなる事項を事例の取り組みを踏まえて以下に述べます（表 1）。

① 技術確立と人材の育成・確保

耕種農家の多くは、多様な地域資源を活用して良質で安定した品質の堆肥をつく

平成19年度 改良畜ふん堆肥の施用方法

平成19年4月18日

- ◎改良畜ふん堆肥のみで栽培可能です。(牛ふんと同じ使い方はしないでください。)
 ◎この資料の堆肥の施用量については、実際に試験したのではなく、窒素成分から算出しています。実際の施用にあたっては試験的に使用し、自己責任でお願いします。
 ◎1m×1mに施用する量を記入しています。
 ◎苦土石灰、セルカ等は基本的に施用しません。
 ◎カルシウム不足が心配される品目では、消石灰を溝の底に施用しましょう。(トマト150g、とうがらし200g、ハクサイ100g、キャベツ100g、レタス100g等)
 ◎根菜類については、全面施用でも可能です。その場合、5割増量しましょう。

	元肥		追肥	
	植付7日前～当日	施用方法	改良畜ふん堆肥(L/m ²)	施用方法
	改良畜ふん堆肥(L/m ²)			
トマト	2.0	マルチ施用	(1株) 0.5	適期に追肥3回行う。
ナス	3.0	マルチ施用	(1株) 1	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
とうがらし・ピーマン	5.0	マルチ施用	(1株) 0.5	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
きゅうり	5.0	マルチ施用	(1株) 1	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
スイカ	1.0	待ち肥	1.5	定植時。ただし、砂地の場合は遅らせる。
露地メロン・マクワウリ	2.0	待ち肥	1.5	定植時。ただし、砂地の場合は遅らせる。
カボチャ	1.0	待ち肥	1.5	定植時。ただし、砂地の場合は遅らせる。
シロウリ	2.0	待ち肥	1.0	定植時。ただし、砂地の場合は遅らせる。
トウガン	2.0	待ち肥	0.5	定植時。ただし、砂地の場合は遅らせる。
エンドウ	2.0	畝施用	1.0	適期に追肥2回行う。
エダマメ	2.0	畝施用	0.5	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
インゲン	2.5	畝施用	1.0	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
イチゴ	1.5	畝施用	1.5	
スイートコーン	2.0	畝施用	1.5	
オクラ	2.0	畝施用	1.5	2～3回追肥
キャベツ	4.0	畝施用	1.5	2～3回追肥
ハクサイ	4.0	畝施用	1.5	2回追肥
ツケナ類	2.0	畝施用		
コマツナ	2.0	畝施用		
チンゲンサイ	2.0	畝施用		
ブロッコリー	2.0	畝施用		
レタス	2.0	畝施用	1.5	2回追肥
シュンギク	2.5	畝施用		
ホウレンソウ	2.5	畝施用		
ネギ・ワケギ	3.0	溝条施用		
タマネギ	2.0	畝施用	1.5	2回追肥
ニンニク	2.0	畝施用	3.0	2回追肥
ニラ	2.0	畝施用	1.5	
ラッキョウ	0.0	畝施用	1.0	3回追肥
アスパラガス	2.0	畝施用	2.5	年3回追肥
セルリー	3.0	畝施用	1.5	15日おきに4回
モロヘイヤ	2.0	畝施用	1.5	収穫が始まったら2週間おきに追肥を行う。
ミョウガ	2.5	畝施用	2.0	
フキ	3.5	畝施用	1.0	1ヶ月に1回
ダイコン	2.0	畝施用		
カブ	2.5	畝施用		
ゴボウ	2.5	畝施用		
ジャガイモ	3.0	溝条施用		
サトイモ	3.5	溝条施用		
ヤマイモ類	3.0	溝条施用		
サツマイモ	0.5	畝施用		
ニンジン	4.0	畝施用		
ショウガ	3.5	畝施用		

※堆肥は雨のかからないところに保管しましょう。できれば、袋で保管しましょう。

図3 現地の農業改良普及センターが堆肥利用者に配布した手引き

注：本資料はあくまでも参考として示すもので、他の地域においてこの事例と同様の堆肥材料、配合割合で「改良畜ふん堆肥」を作っても、材料の牛ふん堆肥等の成分が異なるうえ、堆肥の分解(発酵)状態によっても成分が違ってきます。他地域で作った「改良畜ふん堆肥」に適用できるものではありませんのでご注意ください。

表1 耕種農家を主体とした地域資源活用による堆肥づくりシステムの形成と運営の要点

		事例での取り組み内容	
形成の要点	技術確立と人材の育成・確保	堆肥づくり技術	講師による講演・実習、先進地視察により、農家の意欲向上、技術普及を図る。技術はまず繰り返し用機械のオペレーター(元酪農家)、部会役員等の関係者が習得。部会役員は当番、副当番の2人とし、副当番が次の当番になることで技術を引き継ぐ。
		堆肥材料収集法	地域資源の収集を促すために堆肥材料ごとの収集代金(手間賃)を設定し、参加農家が分担して収集
		堆肥利用法	現地栽培試験に基づき、作物ごとに目安となる施肥量を提示し、堆肥施用実習を実施
	施設・機械の確保	堆肥舎	元酪農家の遊休化していた堆肥舎を活用
		繰り返し用機械	元酪農家の遊休化していた機械を活用していたが、その後補助事業を利用して購入
		袋詰め用機械	補助事業を利用して購入
組織体制の確立	自律的活動ができる事務局体制の確立	当初は事務局機能を農業改良普及センターが担っていたが、農家が自律的に活動できるように共同堆肥づくり部会を設立。その後、事務局機能は部会役員と野菜産直等の関連事業を行う第3セクターが引き継ぐ。	
関係機関の支援	地域農業振興施策への位置付けと活動当初の重点的支援	町の安全・安心野菜振興(1995年度～土づくり事業、2004年度～町独自の農産物認証制度、2008、2009年度有機農業モデルタウン事業)の一貫として支援。関係機関が中心になりシステムの大枠を構築後、農家に部会設立を促す。	
運営の要点	耕種農家のメリットの確保	堆肥の品質	同地域の家畜糞堆肥より高品質で成分バランスがよく、基肥や追肥以外に、野菜苗の肥料、培土としても使用可能
		堆肥の価格	8,000円/2m ³ (同地域で製造された有機質肥料より低価格)、堆肥材料の収集に協力すれば、さらに低価格で入手可能
	財政基盤の確立	施設・機械の修繕や更新のための積み立て	袋詰め堆肥を一定の価格(店頭525円/20L、卸420円/20L)で、町内の直売所を中心に一般に販売

る技術は持っていません。地域で入手できる材料を組み合わせることで良質堆肥を作る技術を確立するとともに、この技術を持つ人材の育成・確保を図ることが重要です。

ここで挙げた事例の場合は、講師による講演や実習、先進地視察によって講師が確立した技術を耕種農家(後に共同堆肥づくり部会設立)に紹介して意欲向上を図りました。そして、講師の有する技術ノウハウを、まず、農業改良普及センター等

の関係機関の職員と、材料混合・切り返し作業を担当する元酪農家、共同堆肥づくり部会の役員等の関係者が習得し、その後、部会全体に普及させて行くという手順をとりました。

部会として堆肥づくり技術を実際に身に付けた人材を育成することが理想ですが、現在は部会役員を当番、副当番の2人とし、副当番が次の当番になることで技術を引き継いでいます。

また、堆肥材料となる地域資源を収集する仕組みを構築する必要がありますが、耕種農家が意欲的に地域資源の収集に取り組めるようにすることが重要です。事例では、当初、堆肥材料の収集が課題となりましたが、堆肥材料ごとに収集代金（手間賃）を設定した上で参加農家が分担して収集するようにしたところ、円滑に収集が行われるようになりました。材料ごとに設定している収集代金は、その材料を集めた農家の堆肥購入費から差し引くことにしており、材料集めに協力した農家は通常より安く堆肥を購入できるようにしています。このような仕組みを構築することで、農家は意欲的に材料集めに取り組めるようになりました。

② 施設・機械の確保

耕種農家は堆肥舎や切り返し用の機械を所有していないことが多いため、堆肥づくりを行う場所、施設、機械を確保する必要があります。事例では、元酪農家の遊休化していた堆肥舎、切り返し用機械を活用していましたが、その後、機械については補助事業を利用して購入しました。小規模な耕種農家やそのグループが自己資金のみで、堆肥舎や機械を整備するのは容易ではないので、利用しやすい助成制度の充実が望まれます。

③ 組織体制の確立

堆肥づくりを畜産農家に全面的に委託しないで、耕種農家が労力を出し合い協力して行うには、堆肥づくりの段取りや会計を行う事務局の役割が重要となります。事例では、当初は農業改良普及センターが事務局機能を担っていましたが、農家が自律的に活動できるように共同堆肥づくり部会が設立され、その後は部会役員と、関連事業を行う第3セクター（牛乳の製造・販売や野菜産直等を実施）が事務局機能を引き継いでいます。関連事業を行う団体が地域にない場合は、市町村行政、農協等による会計事務等についての支援が必要になる場合があると考えられます。

④ 関係機関の支援

堆肥づくりシステムを形成するには、技術確立や施設・機械の確保、農家間の調整、補助事業の活用等、農業改良普及センターをはじめ、市町村行政、農協、農業試験場等の関係機関の支援を必要とする事項が少なくありません。関係機関は、堆肥づくりシステム形成を地域農業振興施策へ位置付けるとともに、活動当初に重点的な支援を行う必要があります。事例では、安全・安心な野菜づくりを推進する上で、共同堆肥づくりを重要な活動として位置付けて支援しました。また、システムの大枠を、農家の協力のもと、農業改良普及センターを中心とした関係機関が中心となって構築した上で、部会設立を促し、活動が継続できるようにしました。なお、関係機関は活動が軌道に乗った後も、技術的問題への対処法等の支援の要請に対応できる体制を維持する必要があります。

2) 堆肥づくりシステムの運営の要点

① 耕種農家のメリットの確保

耕種農家が主体となって地域資源を活用した堆肥づくりシステムを運営するには、耕種農家のメリットを確保することが大切です。**表 1**に示すように、耕種農家が満足できる堆肥の品質であること、および、耕種農家向けの販売価格に有利性のあること、の2点は基本的なメリットであり重要です。事例では、共同堆肥づくり部会に加入するだけで40 L当たり160円(2 m³あたり8,000円)で良質堆肥を購入でき、堆肥材料集めに協力すればさらに低価格で入手できることが、参加農家からみた魅力になっています。

② 財政基盤の確立

また、施設・機械の修繕や更新の積み立てが可能な財政基盤を確立する必要があります。そのためには、製造量の一部を袋詰めして一般に販売することが有効です。事例では、**表 2**に示すように参加農家に分配した後の余剰分5 m³を袋詰めして一般に販売することで、機械を維持管理するための経費(点検・修繕費等)を確保することが可能となります。袋詰めされた良質堆肥は、直売所を訪れる客が自家菜園用等に利用するうえで便利であり、好評を得ています。

表2 地域資源を活用した堆肥づくりの収支

(単位:円)

項目	詳細	袋詰め堆肥 販売なし	袋詰め堆肥 販売あり	
収入	部会員への堆肥販売額(バラ)	140,000	120,000	
	一般への堆肥販売額(袋)	0	105,000	
	配達代金(バラ)	16,000	14,000	
	収入計	156,000	239,000	
支出	堆肥材料 経費	牛ふん堆肥(20m ³)	14,700	同左
		モミガラ(10m ³)	8,000	
		鶏ふん(5m ³)	13,800	
		コメヌカ(5m ³)	25,792	
		落ち葉(5m ³)	20,625	
		山土(壁土)(5m ³)	7,500	
		小計	90,417	
	堆肥の切 り返し・分 配・配達	堆肥切り返し、分配代金	17,400	同左
		堆肥配達(バラ)	16,000	14,000
		小計	33,400	31,400
	その他	水分調整等人件費	14,400	同左
		燃料代(軽油、ガソリン)	4,701	9,701
		役員手当	10,000	同左
		堆肥舎利用御礼	2,835	同左
ふるい、袋入れ人件費		0	25,000	
袋代		0	8,000	
小計	31,936	69,936		
支出計		155,753	191,753	
当期収益(収入-支出)		247	47,247	

注:1) 共同堆肥づくり1回についての試算である。

2) 堆肥材料50m³は、発酵後通常35m³となる。袋詰め堆肥販売ありの場合は、30m³をバラで部会員へ8,000円/2m³で販売。5m³を袋詰めして一般へ卸420円/20L袋で販売。

3) 堆肥材料経費は、材料費(牛ふん堆肥とモミガラは配達料込み)、材料収集農家の手間賃(鶏ふん1,000円/軽トラ1台、コメヌカと落ち葉150円/40L袋)、ガソリン代を含む。

4) 切り返しと袋詰め用の機械(計88万円)は、補助率100%の事業を利用したため、減価償却費を計上していない。点検費(切り返し用機械、3万円/年)、修繕費は発生していないため計上していない。

4. 本成果の活用における留意点

本成果は、耕種農家が共同して、家畜排せつ物等の地域資源を活用して堆肥づくりシステムを形成する場合や、関係機関がこのような活動を支援する場合に参考資料となると期待されます。特に、環境保全型農業や有機農業を推進する小産地では、対象とした事例の取り組みは参考になると考えられます。対象事例は大都市に比較

的に近い中山間地域に位置し、参加者のほとんどは高齢の生産者です。したがって、参加農家数の割には、堆肥製造量等の取り組みの規模が小さくなっています。

しかし、耕種農家の堆肥づくりの取り組みは、家畜排せつ物の処理、地域有機物の循環システム形成等の環境保全に貢献するだけでなく、肥料価格が値上がりしている現状では、大規模な耕種農家にとっても経営安定につながる波及効果の大きい活動と言えます。普及機関等の関係機関は、地域農業のコーディネーターとして、地域の実態に合わせて耕種農家を主体とした地域資源活用による堆肥づくりシステムの形成を促す必要があります。

参考文献

- 1) 尾島一史・大八木秀一（2010）地域資源を活用した堆肥づくりシステムの形成と課題ー京都府南丹市美山町を事例としてー．農林業問題研究 179, 106-111.
- 2) 橋本力男（2002）有機農業者から見た資源循環のカギー有機性資源の循環を現場から見るー．農業経営研究 111, 59-63.
- 3) 野菜だより編集部（2011）農業技術の匠・橋本力男さんに教わる「はじめてでもうまくいく！やさしい堆肥づくり」．GAKKEN MOOK 野菜だより特別編集, 22-53.

研究担当者：

尾島一史（近中四農研・環境保全型野菜研究チーム）