

ミニ特集：アスパラガス連作障害対策

## アスパラガス連作障害の要因と対策技術の概要について

農研機構 野菜茶業研究所 <sup>うら</sup>浦 <sup>がみ</sup>上 <sup>あつ</sup>敦 <sup>こ</sup>子

## はじめに

筆者らは2009年8月に野菜茶業課題別研究会「アスパラガス連作障害発生要因解明の現状と対策技術の開発方向」を開催して、古くからの問題であるアスパラガスの連作障害に対し、当時の研究の現状を報告するとともに問題を提起した。その後、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（実業技術開発ステージ）「根部エンドファイト活用によるアスパラガス連作障害回避技術体系の開発」において3年間研究開発を行い、改植する圃場の状態を知るための診断技術、品種の耐病性診断法、アスパラガスの根に共生するエンドファイトの活用技術や湛水太陽熱処理技術等を明らかにして、マニュアルを作成、配布した。本特集（ミニ特集：アスパラガス連作障害対策）では、これらの成果の中から湛水太陽熱処理について担当機関が発表するとともに、2013年12月に開催した野菜茶業課題別研究会「アスパラガス連作障害回避技術開発の現状と展望」において紹介された新たな技術や問題点について報告する。本稿では、研究の背景や歴史、今後の技術普及の展望や課題について総括する。

## I 研究の背景

アスパラガスは野菜には珍しい多年生の作物で、地下茎から萌芽した直後の茎（若茎：わかきとと呼ばれる）を収穫する作物である。癖のない食味と手軽な調理特性から幅広い年代の消費者に好評で、高単価で軽量の作物特性から生産者にも人気がある。市場価格は比較的安定しており、作付面積や収穫量を大きく減らす野菜も多い中、ここ10年来の国内の作付面積は6,000～6,500 ha、収穫量は28,000～31,000 tと、ほぼ横ばい状態を維持している。

アスパラガスの主な病害虫には、茎葉病害の茎枯病や斑点病、土壌病害の立枯病、株腐病、疫病、ネギアザミウマ等がある。これらの病虫害に対し抵抗性を持つ品種はないため、化学農薬の散布および雨よけハウス等を利

用した防除が行われている。

多年生のアスパラガスでは、露地普通栽培およびハウス半促成栽培等の作型において、いったん作付けされれば10年程度同じ株から収穫できる。しかしその後、株の弱勢化により若茎の萌芽数が減少するとともに、茎が細くなり異常茎が増えるなどして収量や若茎品質が低下し、株の更新が必要になる時期が来る。この新たな作付け時の選択肢には、「改植」と呼ばれるそれまでアスパラガスを栽培していた畑を使う場合と、「新植」と呼ばれるアスパラガスの栽培前歴のない畑を用いる場合とがある。新植畑と改植畑を比較すると新植畑では株の充実とともに収量が増加するが、改植畑では定植直後は生育が正常であるものの、早い年次から生育不良による収量低下や若茎品質の低下が見られることが多い。さらに悪化すると枯死による欠株が増加し、更新前よりも著しく収量が低下する。これがアスパラガスの連作障害である。

連作障害の危険性のない新植が望ましいとわかっていても、土壌条件や水利条件が現在の圃場に匹敵するような新たな圃場が見つからない場合もあり、さらに四国以西の産地ではほぼ100%を占める半促成栽培用の雨よけハウスの移設経費や労力の負担も加われば、改植を選ばざるを得ないことも多くなっている。

## II 研究の歴史

アスパラガスの連作障害は海外でも古くから知られており、200年を超すアスパラガス栽培の歴史を持つヨーロッパを始め、アメリカやニュージーランド等でも連作障害に関する研究が精力的に行われてきた。この結果、連作障害の大きな要因はフザリウム属菌などの土壌病原菌の集積であることが示され、また、アスパラガスの植物体には幼苗の生育を抑制する強いアレロパシー作用を引き起こす物質（他感物質）が含まれており、それらの物質は土壌中に8か月以上放置された根にも含まれること、水溶性で熱に強いこと等が明らかにされた（YANG, 1982）。アスパラガス根株に含まれる他感物質を分析すると、フェルラ酸、リンゴ酸、MDCA（メチレンディオキシケイ皮酸）、フマル酸、カフェ酸等が単離された（HARTUNG et al., 1990; MILLER et al., 1991）が、単独でアレロパシー作用を強く引き起こす物質はなく、アレロパ

Risk Factors for Asparagus Replant Problem and the Outline of Countermeasure Techniques. By Atsuko URAGAMI

（キーワード：アスパラガス、連作障害、マニュアル、改植、エンドファイト）

シー作用の検定を難しくしている。また、アスパラガス畑で使用される除草剤の残効も、連作障害の要因だと考えられている (SCHOFIELD, 1991)。ウイルスに感染したアスパラガスは立枯病にも感染しやすいことも報告されている (EVANS and STEPHENS, 1989)。

日本では、北海道農業試験場において連作障害実証試験が行われた (北海道農業試験場 作物開発部 野菜研究室, 1992) のをはじめ、アレロパシー活性の簡易検定法が開発されるとともに他感物質を吸着すると考えられる活性炭剤の利用技術などが開発された (元木ら, 2006)。

日本は、ヨーロッパなどに比べれば栽培の歴史は短いものの、限られた耕地面積を利用していることや雨よけハウス栽培の面積が増大していることから、特に株の更新時期を迎える古い主要産地において連作障害は年々大きな問題となってきた。

### III マニュアル

このように、連作障害の要因解明と対策技術開発の研究は、国内外で活発に行われてきた。しかしながら、土壌の生物性 (土壌病原菌の集積など)、物理性 (排水不良など)、化学性 (他感物質や塩類の集積など) と多岐にわたる要因の複雑さ、そして個々の圃場での原因の組合せの多様さから、個別技術による対応が難しく、生産者の改植への不安は払しょくされない状態が続いていた。

そこで、今回作成した「アスパラガスの連作障害回避のための改植マニュアル (第1版)」の元となった農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 (実業技術開発ステージ) 「根部エンドファイト活用によるアスパラガス連作障害回避技術体系の開発」の課題設定にあたっては、連作障害の原因となる要因を取り上げ、その危険度を判定したうえで対策技術を選定するという視点を重視した。マニュアルには、生産者が改植時に利用可能なフローチャート (図-1) を作成し、生産者が容易に対策技術を選定できるように工夫した。

この課題においては、排水不良のように土木工事を必要とする要因については、心土破碎や明渠・暗渠の設置等従来法による改善を前提としたうえで、畑の土壌中のフザリウム属菌について、簡易に判定できる手法を開発した。開発された DGGE (変性剤濃度勾配ゲル電気泳動) 法によるフザリウム属菌の判定技術は3日間ほどで診断結果を出すことが可能な手法である。土壌中から抽出して増幅させたフザリウム属菌の DNA を電気泳動ゲル上に流して、そのバンドの濃度を測定し、アスパラガスに病原性を有するものとそうでないものとに分けて解析する。福島県や長崎県のアスパラガス農家圃場を解析した

結果、生育不良圃場ではアスパラガスに病原性を持つバンド濃度の割合が高い傾向にあった。また、土壌の種類が異なる場合にも、この手法が適用可能だった。そこで、まだ解析事例が十分ではないものの、マニュアルで DGGE 法による暫定版の連作危険度判定基準を示している。

また、アスパラガス植物体中のウイルスの濃度についても判定手法を開発した。アスパラガスにおいて特に問題視されているウイルスは、アスパラガスウイルス 1 (AV-1) とアスパラガスウイルス 2 (AV-2) だが、これらのウイルスはアスパラガスに感染してもモザイクや壞疽のようなはっきりした病徴を示さない。そこで、RT-PCR およびマクロアレイによる検出法が開発された。RT-PCR 法は検出精度が高く、マクロアレイ法は重複感染を同時に検出できるのが特徴で、どちらも材料となるアスパラガスは1g (生重) あれば十分で、地上部 (主枝、側枝、若茎表皮) および地下部 (貯蔵根) からの検出が可能である。

また、アスパラガスにおける立枯病と株腐病に対する抵抗性検定手法を開発して、品種の検定を行った。どちらの病害についても、抵抗性「やや強」の既存の品種「ガインリム」並みの抵抗性品種が認められたが、「ガインリム」以上の抵抗性を示す品種は見つけられなかった。

今回の課題では、アスパラガスの根部に定着してアスパラガスの生育を促進するとともに立枯病に対し抵抗性を誘導するエンドファイト *Phialocephala fortinii* の選抜菌株を改植時に利用するための研究が行われた。この根部エンドファイトは北米やヨーロッパの亜寒帯森林土壌とそこに生育する植物の根で生活する糸状菌である (成澤, 2011)。選抜した *P. fortinii* を増殖してアスパラガスの幼苗の根に定着させた苗を改植畑に定植し、連作障害を回避することを目指した。その結果、*P. fortinii* の増殖に適した培土が選択され、アスパラガス幼苗の根への定着率は安定し、さらに *P. fortinii* を定着処理したアスパラガス苗のポット試験での立枯病抑制効果も明らかになった。しかし、定着率の安定した *P. fortinii* 定着苗の供給が遅れたため、現地試験の開始には間に合わず、現地圃場での試験結果は不十分なものとなった。

もう一つの改植時に利用可能な技術としては、湛水太陽熱処理がある。これは、太陽熱処理により病原性の微生物の菌濃度を低下させるとともに他感物質を含むアスパラガスの残渣の分解を促して、土壌中に他感物質を放出させ、続く湛水灌漑によって蓄積された他感物質や過剰な肥料成分を除去する技術である。詳しくは、特集の中での紹介を参照願いたい (アスパラガス連作障害の対

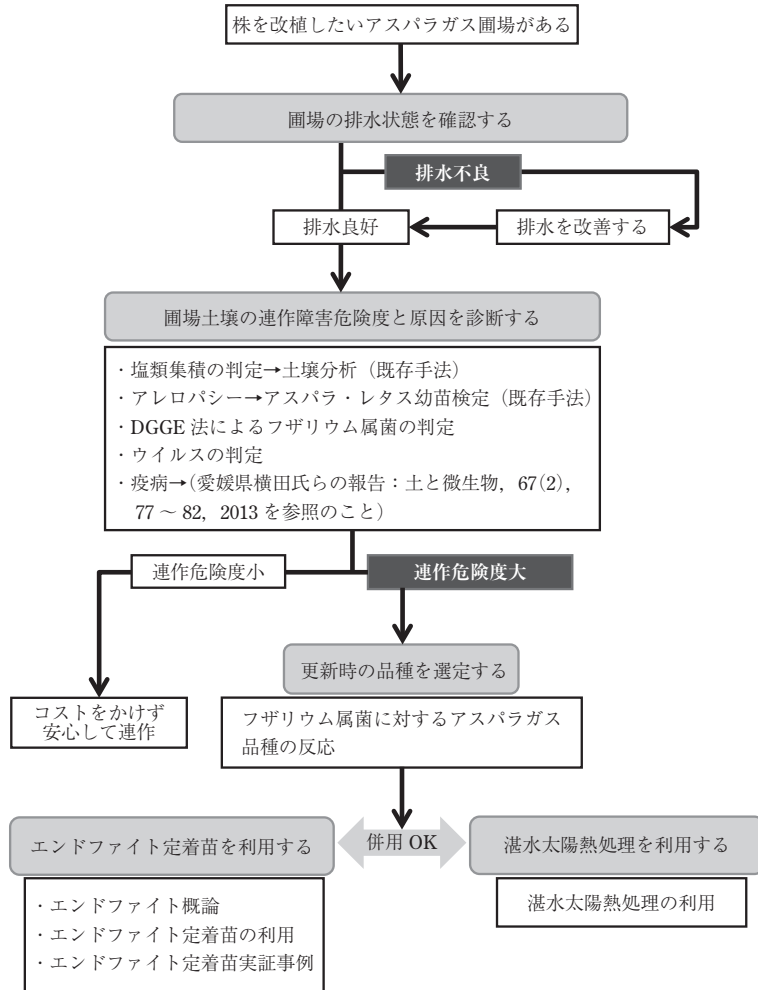


図-1 アスパラガスの改植時フローチャート

策技術「湛水太陽熱処理法」)。

これらの二つの開発された連作障害回避技術に共通な点は、ターゲットとなる連作障害要因が複数だという点である。根部エンドファイト定着苗を利用することによって、アスパラガスの生育自体が促進されるとともに、立枯病への抵抗性も付与される。湛水太陽熱を利用すれば、圃場耕起による排水性の改善に加えアスパラガス残渣のアレロパシー作用と土壤病原菌の菌密度の双方の低減が期待され、さらに、アスパラガス栽培で過剰になりがちな肥料成分も除去可能である。多数の要因が関与する連作障害を回避するためには、回避技術自体も、複数の要因に網羅的に対応できるものが望ましいと考える。

#### IV 技術普及に向けた展望と課題

改植マニュアルで紹介した、DGGE法によるフザリ

ウム属菌の判定技術については、短期間での解析を可能にしたが、土壤の生物性分析と対応する被害状況調査の解析事例がまだ不足している。解析事例が増え、データが蓄積されることで、判定精度が高くなるとともに、適応できる地域や土壤の種類も増加していくことが期待される。

アスパラガスウイルスに関する海外での研究によれば、AV-2の単独感染、あるいはAV-1とAV-2の重複感染によって、生育への悪影響が出るほか、フザリウム病害への感染が助長されることが報告されている。AV-1は虫媒伝染、AV-2は種子伝染が基本だが、両者とも汁液感染が可能なため、毎日若茎を収穫するアスパラガスの場合、収穫作業によって感染株から隣接する健全株へとウイルスが伝搬する危険性が高い。これまで日本では、アスパラガスにおけるウイルス感染の状況や影響を

広く調査した事例はなかった。今回の研究の成果を利用することによって、ウイルスの感染状態と生育との関係、他の病害や他感物質への反応との関係などが、今後明らかになっていくことが期待される。さらには対策技術の開発も必要となるが、日本国内の作型は海外とは異なるところが多いため、生産者への対策技術の普及を図るためには国内での調査、研究が重要である。

病害抵抗性判定については、生産者の品種選定の助けとなるだけでなく、育種を行う際に活用していただきたい。現在、国内で育成されたアスパラガスの品種のシェアは決して多くない。育成品種に耐病性をきちんと付与できれば、普及地域も増加するものと期待される。

今回の研究により根部エンドファイト *P. fortinii* の選抜菌株の基本的な特性が明らかになり、菌の増殖や定着苗の増殖については、技術が確立できた。しかしながら、圃場での効果の発現や持続性については、まだデータが不足しているのが現状である。現在、バイオニアエコサイエンス社と福島県農業総合研究センター 会津地域研究所は、野菜茶業研究所と協力して現地圃場での根部エンドファイト定着苗の試験を継続して行っている。圃場での病害抵抗性判定については、病害の発生待ちという面もあるが、根部エンドファイト定着苗の圃場での生育状態をきちんと評価して、早い機会にアスパラガス改植マニュアル第2版として公表したいと考えている。

湛水太陽熱処理は佐賀県が雨よけハウス圃場を対象に開発した技術であるが、太陽熱処理と湛水灌漑が可能であれば、いろいろな地域に普及できる技術だと考えられる。地域に合った修正を加えて、多くの場所で活用していただきたい。

## おわりに

アスパラガス改植マニュアルの作成・配布により、開発された技術の普及が進んでいくものと期待される。今後は、個々の診断技術の精度の向上や新たな対策技術の開発等さらなる展開が望まれる。特に診断技術については、使われることでデータが蓄積され、精度の向上や利用範囲の拡大にもつながるため、ぜひ、多くの方に使っていただきたい。利用を検討されている場合は、マニュアルを参照のうえ、開発担当者までお問い合わせをお願いする。

マニュアルは、以下のアドレスからダウンロードできる。[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/051696.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/vegetea/pamph/051696.html)

また、下記のアドレスからは、特集「アスパラガスの連作障害を回避する」が掲載された野茶研ニュースをダウンロードできる。[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/vegetea/news/052797.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/vegetea/news/052797.html)

## 引用文献

- 1) EVANS, T. A. and C. T. STEPHENS (1989): *Phytopath.* **79**: 253 ~ 258.
- 2) HARTUNG, A. C. et al. (1990): *J. Chem. Ecol.* **16**: 1707 ~ 1718.
- 3) 北海道農業試験場 作物開発部 野菜研究室 (1992): 北海道農業試験会議資料  
<http://www.agri.hro.or.jp/center/kenkyuseika/gaiyosho/h04gaiyo/1991084.htm>
- 4) MILLER, H. G., et al. (1991): *HortScience* **26**: 1525 ~ 1527.
- 5) 元木 悟ら (2006): *園芸学研究* **5**: 437 ~ 442.
- 6) 成澤才彦 (2011): 作物を守る共生微生物エンドファイトの働きと使い方, 農文協, 東京, 117 pp.
- 7) SCHOFIELD, P. E. (1991): *N. Z. J. Crop Horticult. Sci.* **19**: 213 ~ 220.
- 8) YANG, H.-J. (1982): *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **107**: 860 ~ 862.

## 発生予察情報・特殊報 (26.9.1 ~ 9.30)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：発生病害虫（発表都道府県）発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたはJPP-NET (<http://www.jpnp.net/>) でご確認下さい。

- キウイフルーツ：かいよう病 [Psal 系統] (長崎県：初) 9/2
- トマト：トマトモザイク病 [ToMV] (岐阜県：初) 9/24

- ナシ：ヒメボクトウ (佐賀県：初) 9/30
- イチゴ：チバクロバネキノコバエ (茨城県：初) 9/30