

特集：ネギアザミウマが媒介するアイリス黄斑ウイルス (IYSV) 防除対策

四国におけるアイリス黄斑ウイルス (IYSV) の発生と防除対策

香川県農業試験場 **わた なべ たけ お** **渡 邊 丈 夫**

はじめに

近年、四国では新しい昆虫媒介性ウイルス病が6種類ほど侵入している(表-1)。侵入経路は定かではないが、4県が一島を形成する四国では、数年を経ずして県域を越えて拡大する場合がほとんどである。これまで最初に侵入し被害が発生した県では、病原ウイルスと媒介虫に関する情報を収集し、防除対策研究を実施してきた。そして発生が隣県に拡大すると、既発生県から情報提供を受けながらも同様の試験研究を行ってきた。しかし、地方財政の逼迫は各県の研究資源を減少させ、これまで通りの対応が難しくなってきた。一方、日本もTPP交渉に参加するなど貿易の自由化への動きが加速され、農産物や種苗の移動増加に伴って、今後さらに海外からの侵入病害虫、特に昆虫媒介性ウイルス病による被害が増加すると予想され、これらに対する対応が日本農業にとって大きな問題となるだろう。このような中、四国4県では独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターを主査として、実用技術開発事業でキュウリ黄化えそ病の防除対策に取り組んだ。ここで得た、一つの技術体系を分担して共同開発するノウハウと、日帰りが可能な範囲で他県に調査圃場を設けることができる利便さを活かして、研究協定書を締結し侵入病害虫に関する試験研究を四国4県で連携して実施する体制をつくった。

研究機関の連携に加えて、四国4県の行政機関、指導機関および研究機関で構成する「四国4県連携による侵入病害虫防除対策連絡会」を置き、協定書に基づく試験研究を実施する必要があるかどうかを検討するとともに、研究確立した技術を四国4県にどのように導入、普及していくかについて協議する。さらに農薬メーカー、販売業者や普及職員も参画する「四国植物防疫研究協議会」と連携して防除対策を実施することとしている。ここで紹介するのは、この協定に基づき「新たな農林水産

政策を推進する実用技術開発事業」の「四国4県連携によるIYSVの緊急防除対策技術の開発」で実施したものである。

I アイリス黄斑ウイルス (IYSV) について

1 発生経過

IYSVはブニヤウイルス科、トスポウイルス属のウイルスで、1998年にオランダのダッチアイリスで初めて確認された(CORTES et al., 1998)。その後1998年、1999年にイスラエル(GERA et al., 1998)、ブラジル(POZZER et al., 1999)のタマネギで、相次いで発生が確認された。日本では1999年に千葉県のアルストロメリアで確認(奥田, 2002)されて以来、2013年現在27都県で発生が確認されている。感染植物は17科40種以上となり、被害が大きいものには、ネギ、タマネギ、ニラ、ラッキョウ等ユリ科の野菜と、トルコギキョウ、アルストロメリア等の花き類がある。四国では2002年に高知県のニラとトルコギキョウで発生が確認されたのが初発生で、ニラでの発生確認は全国でも初めてであった。

表-1 近年、四国に侵入を確認した昆虫媒介性ウイルスと媒介虫

侵入した病原ウイルス	侵入県
1996年	MYSV 高知県
1998年	TSWV 高知県
2003年	IYSV 高知県
2005年	TYLCV 高知県
2009年	CSNV 香川県
2008年	CCYV 愛媛県
侵入した媒介虫	
ミナミキイロアザミウマ	
ミカンキイロアザミウマ	
ネギアザミウマ新系統 ¹⁾	
タバココナジラミ新系統 ²⁾	

¹⁾ 産雄性単為生殖系統。

²⁾ バイオタイプQ。

Occurrences and Control of Diseases caused by Iris Yellow Spot Virus in Shikoku. By Takeo WATANABE

(キーワード：四国, アイリス黄斑ウイルス (IYSV), ネギ, ニラ, ネギアザミウマ, 発生状況, 感染リスク, 総合管理)

2 IYSVの系統

トスポウイルスはNタンパク質のアミノ酸配列の相同性が90%を下回ると別種とされる。オランダとブラジルで発生していたIYSVの相同性は90.5%で同種の範囲内であったが、かなり異なっていたことからオランダ系、ブラジル系として別系統とされた。日本ではブラジル系とオランダ系の2系統が発生していることをトルコギキョウで確認(土井ら, 2003)しており、しかも同一県内で発生している事例(植草ら, 2005)も報告されている。四国にも両系統が分布していることが確認されているが、本研究において下元ら(2012)は、その分布には偏りがあることを報告している。さらに、これら両系統のネギおよびタマネギに対する病原性に差はない(善ら, 2005)との報告があるが、四国に分布する両系統については、ニラおよびネギに対する病原性が異なる可能性が示唆されている(下元ら, 2012)。

3 媒介虫

IYSVは他の植物病原トスポウイルスと同様にアザミウマによって媒介されるが、本ウイルスの媒介虫としてはネギアザミウマだけが確認されている(土井ら, 2003)。アザミウマ類のトスポウイルス媒介特性について、これまでは1齢幼虫期で獲得し、生涯媒介能を持つとされていた(櫻井, 2006)。しかし本研究において、四国で採集した産雌性単為生殖系統(以下、産雌系)ネギアザミウマについて、成虫がIYSVを獲得し媒介能を持つことができることを示した(石川, 2013)。またIYSVとネギアザミウマの親和性について、媒介能の異なる媒介虫個体群が存在することは明らかであるが、これらと生殖系統あるいはミトコンドリアのCOI領域によって分類したハプロタイプとの関連は確認されていない(藤, 2010)。

日本に生息するネギアザミウマには、多くのハプロタイプが分布することがわかっている(Toda et al., 2007)。また日本には在来の雌が交尾せずに雌を産む産雌系と、海外から侵入したと考えられる雄が存在し未交尾で雄を既交尾で雄と雌を産む産雄性単為生殖系統(以下、産雄系)の2生殖系統が存在する。殺虫剤による防除を考えた場合、薬剤に対する感受性が両系統では異なる場合が想定される。本研究では、四国に分布する両系統の分布状況を調査する(伊藤ら, 2013)とともに、その殺虫剤感受性を調査したところ両生殖系統間に差があり系統の分布が防除上問題となることがわかった(十川ら, 2013)。

II 四国での発生状況

本研究開始当初の2010年時点では、四国での発生は高知県と香川県のみで確認されていた。高知県では上述のように2002年にニラとトルコギキョウで、香川県では2007年にトルコギキョウ、ネギ、タマネギおよびテッポウユリで発生を確認した。

1 ニラでの発生状況

高知県で2002年に、日本で初めてニラでのIYSVによる発病が確認され、病害虫防除所が中心となって2004年から3年間発生状況に関する調査が行われた。当初の発生地域は県中央部の南国市、香美市および香南市付近であったが、現在は県西部、東部および山間部を除く、16市町村で発生を確認している。これらはニラ栽培地域で、高知県ではネギも300ha近く栽培されているが、ほとんど発生が確認されていない。周辺雑草での発生もほとんど確認されていないことから伝染環が不明であったが、本研究において高知県ではほぼ伝染環がニラで完結していることを示した。

2 ネギータマネギ栽培地帯での発生状況

香川県ではいくつかの市町で未確認のほかは、ほぼ全域で発生が確認されている。被害が大きな地域はタマネギとネギが栽培されている地域で、このような地帯でIYSVの発生が多くなるという報告は多い(植草ら, 2005; 藤永ら, 2007)。

同様にネギータマネギ栽培地帯を有する徳島県と愛媛県については、2010年4月の時点では、IYSVの発生は確認されていなかった。しかし本研究において、指導機関および生産者団体と連携して侵入警戒調査を実施したところ、徳島県では2010年7月に、愛媛県では同年11月に、ネギとタマネギでIYSVによるえそ条斑病の初発生を確認した。現在は愛媛県で8市町、徳島県で4市町での発生を確認している(図-1)。

III 防除対策

一般にウイルス病対策は媒介虫防除がその中心であるが、媒介虫による直接被害の回避と比較して、さらに媒介虫の密度を低くしなければならない。これには多くのコストを必要とするので、ウイルス対策の必要がないところでは、このコストはかけたくない。逆に危険度が高いにもかかわらず、十分な対策を行わなかった場合には、思わぬ被害によって大きな損失を出すことになる。そこで本研究では、まず感染のリスクを評価する方法を開発し、それぞれの危険度にあった管理体系を導入することを最終目標とした。

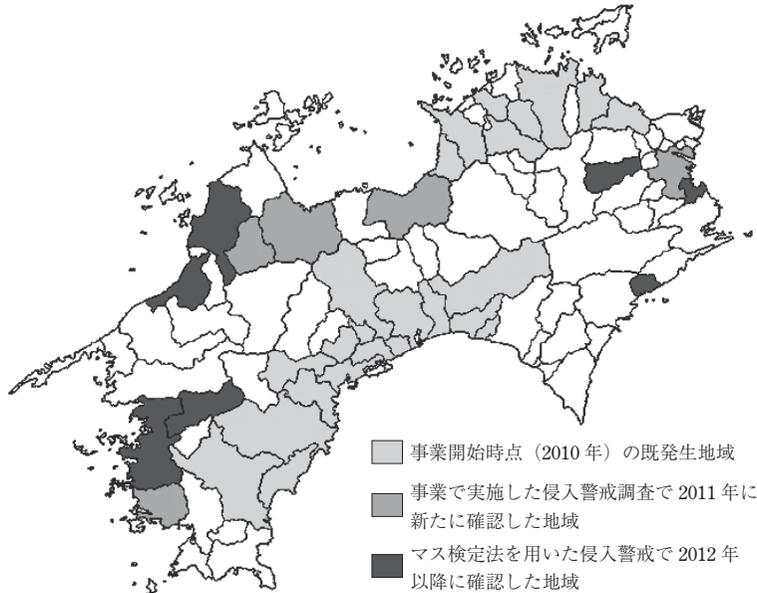


図-1 2013年3月時点での四国におけるIYSVの発生状況

1 感染リスクの評価

感染リスクを評価するにあたって、感染源や伝染環がわかっている場合とよくわからない場合に分けてリスク評価法を開発することにした。まず伝染源がわかっている場合には、そこからどれくらい離れていれば安全なのか気になる場所である。

香川県のネギ・タマネギ栽培地帯では、5月に入るとネギアザミウマの飛来が急増し始め、6月下旬ころにピークを迎える。IYSVの発生はそれから2～3週間遅れて6月下旬ころから発生が増加し始める。その後8月下旬まで発病率の高い状態が続くが、被害として問題になるのは8月上旬ころまでである。当初、この間の急激な発病の増加については、タマネギおよび長期栽培の加工ネギで大量の無病徴感染株が存在するためではないかと考えた。そこで無病徴感染株がどれくらいあるのか、それらからネギアザミウマは保毒するのかを調査する(石川ら, 2012)とともに、冬季のタマネギでのネギアザミウマの動態調査を実施した(相澤ら, 2013)。確かに無病徴感染株が存在し、無病徴部から保毒することが確認されたが、ネギアザミウマの有効積算温度から考えると、春にタマネギで増殖を開始したとして、1齢幼虫でしかウイルスを獲得できないとすると世代数が足りない。そこで今一度ネギアザミウマの保毒について調査したところ、ネギアザミウマは1蛹期、2蛹期を除いてIYSVを獲得することができ媒介能を持つことが確認された(石川ら, 2013)。

次にタマネギで保毒したネギアザミウマは、どれくらい飛翔するのか。蛍光増白剤を用いた標識虫(相澤ら, 2012)を放飼した再捕獲によってネギアザミウマの短期間での移動距離調査を行ったところ、風の影響が少ない状態なら2日間で100m以上飛翔する個体がいることがわかった。これらによって推定した平均分散距離と現地での発病状況から、飛来虫により直接感染する危険度の高い範囲(危険度A)は感染源から半径70m程度とした。またニラでの伝染環調査の結果と合わせると高知県の多くの施設ニラ圃場は、露地ニラ圃場もしくは苗床と隣接しており、危険度Aの圃場と判定されることになった。

感染源が不明なところでは、まずIYSVが存在するかどうかを確認する必要がある。次にハザードとしてのIYSVが確認されたら、そこでの感染リスクを調査し評価する方法が必要である。まずIYSVの有無を確認する方法として、粘着板に捕獲された媒介虫を大量にしかも簡易に検出するマス検定法を開発した。古味ら(2004)は主にミカンキイロアザミウマが媒介するTSWVについて、粘着板に捕獲された保毒虫からエライザ法によって検出する技術を開発した。本研究では、この技術をベースにして粘着板に捕獲された媒介虫を含むすべての虫を抽出、処理することによって、保毒虫率などの詳細情報は取れないまでも病原ウイルスの有無については、保毒虫率が低いところでも検出可能な技術として確立した。これによって、これまでウイルスの有無が確認でき

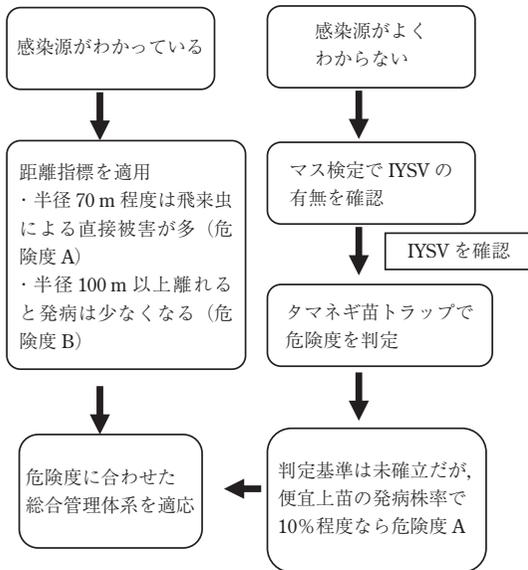


図-2 危険度判定の流れ

ていなかったところについても新たに確認が進み、徳島県で3市町、愛媛県で4市町での発生を確認した。特に徳島県ではニラをこれから振興しようとする新産地での取り組みでの確認で、初発被害を受ける前に IYSV に対する防除対策を準備することができた (図-2)。

IYSV の存在が確認できれば、圃場ごとに危険度を判定する必要がある。そのためにタマネギ苗のトラップを用いることとした。米本ら (2012) は、雑草で病徴診断できないか調査したが、有望な雑草が確認できなかったことから苗トラップを利用することとした。タマネギ苗トラップについては、定植前の雑草地などに2週間程度放置し、その後の病徴発現によって媒介能を持ったネギアザミウマの存在を確認しようというものである。生産現場で生産者自らが設置可能な技術であるが、危険度の判定基準が確立されていないことから、今のところは便宜的に設置苗の10%程度に発病があれば要注意としている。

2 感染リスクに見合った総合管理体系

(1) 危険度の低いところの防除対策

感染リスクを評価した結果、危険度が低いと判断されたところでは、通常のネギアザミウマ対策を実施すればよい。とはいえ、ネギアザミウマの被害も相当なものなので、春から夏にかけての多発期にはそれなりの防除が必要である。特に産雄系が混在するところでは選択する薬剤が異なることから注意が必要である。十川ら (2013) は、産雄系が分布するところでは多くの場合産雌系と混在しているが、その比率は様々であることを示した。当



図-3 産雌系の♀と交尾する産雄系の♂
両系統は高知県廿枝市の同一圃場で混在していた。

然、殺虫剤に対する感受性が両生殖型で異なることから、薬剤防除の影響でこれらの比率が変化することは容易に想像できる。殺虫剤による淘汰以外に両生殖系統の適応度に影響を与えるものがあるかどうかは現在調査中であるが、交尾行動などが影響を与えている可能性が示唆されつつある (図-3)。

十川ら (2012) は捕獲したネギアザミウマを個体飼育することによって両生殖系統の識別を行った。雌成虫を個体飼育したときに、次世代に雌雄が出るか雄のみが出れば産雄系、雌のみの場合、さらにもう1世代個別飼育して雌のみが発生すれば産雌系、雄のみが発生すれば産雄系といった具合である。このように個体飼育を行ったところ、一般にネギアザミウマは23℃で飼育すれば、その程度差はある (MURAI et al., 2002) ものの体色が淡黄色に変化する。しかし高知県で採集した産雄系の雌成虫は25℃で飼育しても黒褐色のままであることを気づいた。そこで高知県、徳島県の産雄系が分布するところで採集したネギアザミウマを比較したところ、すべての産雄系は体色変化がほとんどないことを確認した (渡邊ら, 2013)。このことを利用して対象作物で捕獲したアザミウマを粘着板に貼り付け、これをスキャナーで読み込んで産雌系と産雄系を識別するプログラムを開発した。今のところ、捕獲比率と生息比率が同じかどうかなど不明な点が多いが、少なくとも現時点で産雄系がいるかないかの確認は、ある程度習熟すればプログラムがなくてもルーペで可能である。

産雄系の分布が確認されなかった場合、産雌系対象の防除対策を取ればよい。現在のところ、四国に分布する産雌系で確認されているのは合成ピレスロイド剤に対する抵抗性個体群のみであるので、防除効果が高くて残効の長い剤をネギアザミウマの成育期間と収穫前日数を考

慮して配置する (表-2)。

(2) 危険度の高いところの防除対策

距離指標や苗トラップ等のリスク評価によって危険度が高いと判断されたところでは、専用の総合管理体系が必要である。

表-2 ネギアザミウマ防除薬剤の防除効果目安

薬剤名	残効	♀系	♂♀系
シベルメトリン乳剤	◎	●	×
ベルメトリン乳剤	◎	●	×
トルフェンピラド乳剤	◎	○	○
MEP 乳剤	△	◎	×
CYAP 乳剤	△	◎	×
ベンフラカルブマイクロカプセル	◎	◎	●
メソミル水和剤	◎	◎	●
スピノサド水和剤	○	◎	◎
クロチアニジン水溶剤	◎	◎	○
ジノテフラン顆粒水溶剤 (セルトレイ灌注)	◎	◎	—
ジノテフラン顆粒水溶剤 (散布)	○	○	△
アセタミプリド水溶剤	○	○	△
イミダクロプリド水和剤	○	○	△

×：補正密度指数で 50 以上または補正死亡率で 30% 以下。残効は 3 日未満。

△：補正密度指数で 30～50 または補正死亡率で 70～30%。残効は 7 日未満。

○：補正密度指数で 10～30 または補正死亡率で 70～90%。残効は 14 日未満。

◎：補正密度指数で 10 以下または補正死亡率で 90% 以上。残効は 14 日以上。

●：効果は◎程度であるが、抵抗性個体群もしくは系統が存在する。

1) ネギ-タマネギ栽培地帯での総合管理体系

香川県観音寺市の有明地区は古くからの園芸団地であるが、露地ネギの栽培が盛んである。一方、隣接する新田地区は金時ニンジンとタマネギの輪作体系が多い地区で、ネギとタマネギでお互いが感染源となって IYSV の発生が多い地帯である。本研究ではネギの総合管理体系を作るのに加えて、地域ぐるみの総合的な対策も管理体系として考えた。

有明地区内のリスク調査からネギでの被害が大きいのは 6 月下旬～8 月上旬にかけての時期で、家庭菜園タマネギが重要な感染源であることがわかったので、地域を管内に持つ西讃農業改良普及センターと有明出荷組合が連携して地域内の家庭菜園対策に取り組んだ。まず発病の多かった菜園については栽培を見合わせ、発病の少なかった菜園についても、ネギアザミウマを対象として比較的安価な有機リン剤を中心とした殺虫剤の散布を実施した。これによって家庭菜園タマネギの発病株率を 12.7% から 0.7% まで減少させることができた (表-3)。しかし、隣接するタマネギ栽培地帯からの飛び込みによって、タマネギ圃場と接するところでは、依然高い発病株率を示していた。そこで新田地区のタマネギ生産者の協力をいただきタマネギ栽培地帯での適期一斉防除を実施した。これによって、タマネギでのネギアザミウマの発生を少なくすることができ、ネギ栽培地帯での発病も

表-3 有明地区の家庭菜園タマネギにおける防除回数と発病株率の関係

年次	作付け圃場数	圃場当たり防除回数 ^{a)}	平均最高発病率 ^{b)}
2010	16	1.8	12.7
2011	13	2.5	0.71

^{a)} ネギアザミウマ対象に実施された圃場ごとの平均防除回数。

^{b)} 発病を確認した各家庭菜園タマネギ圃場での最高発病株率の平均。

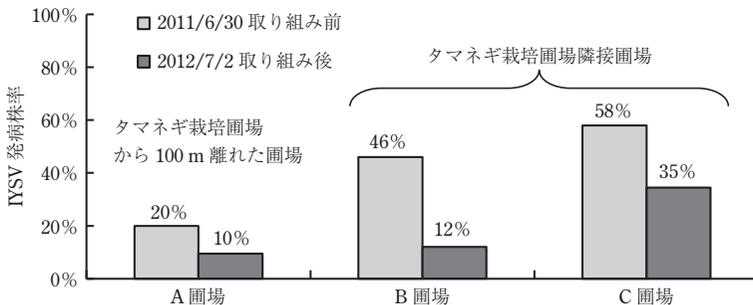


図-4 家庭菜園タマネギおよびネギ栽培地帯に隣接するタマネギ栽培地帯での一斉防除によるネギえそ条斑病発病抑制効果

抑えることができた(図-4)。しかし、タマネギ圃場に隣接した危険度の高いネギ圃場では発病株率を10%以下に抑えることはできなかった。

危険度の高いネギ圃場での専用防除体系は、中ネギ(出荷基準 60 cm)栽培でのネギ生育モデルに基づいて出荷葉に被害が及ばないための殺虫剤散布体系とした。これはネギでは接種葉より上位の葉には感染が見られない(善ら, 2005)ことから、出荷葉をネギアザミウマから守りきる作戦である。物理防除資材としては、反射マルチと防虫ネットのトンネル被覆の効果が高い(図-5)。まずシルバーマルチによって飛び込み量を少なくしたうえで、ジノテフラン水溶剤のセルトレイ灌注で2週間を過ごす。そのころから出荷葉の出葉が始まるので1週間に1度は防除を行う。さらに作の後半は収穫前日数が短く防除効果の高いスピノシン系剤などを連続散布する。この体系は残念ながら慣行の防除体系より散布回数が1回増えることになるが、これによって極めて危険度の高い圃場でも出荷葉の被害を10%以下に抑えることができた。防虫ネットによるトンネル被覆も防除効果が高いことを確認したが、残念ながら危険度Aのところでは、薬剤散布がしにくくかえって被害を多くする可能性があることから、危険度がB程度のところに適応したほうが殺虫剤の散布を20%削減することができる。

2) 施設ニラでの総合管理体系

矢野ら(2012)の施設ニラ栽培での伝染環調査の結果、ほぼすべての施設栽培ニラは、感染リスクの高いところと判断される。特に露地ニラ隣接圃場では、その危険度は非常に高い。さらに高知県の大部分のニラ栽培地域では、産雄系媒介虫の分布が確認されていることから、防除効果の高い殺虫剤は限られている。ニラの登録農薬も少ないことから、殺虫剤による防除には限界がある。そこで様々な防除手段を組合せた総合管理体系が重要になる。

まず定植後4か月近くは株養成期間で、この時期にはあまりコストをかけたくないので、薬剤防除の代わりに天敵利用を考える。効果の高かったキイカブリダニを雨よけ状態で1回目の刈り取りまで利用する(図-6)。被覆が始まったら紫外線除去フィルムを利用することで施設内での増殖と分散を抑える。薬剤は産雄系の存在を確認しながら、産雄系が優先するところでは効果の高いトルフェンピラド乳剤とスピノサド水和剤を中心剤として利用する。これによって10月から翌年5月までの防除回数を14回から5回まで減少させることができた(図-7)。さらに隣接する露地圃場から不断に保毒虫の飛来が想定される場所では乱反射資材を併用した衝立式防虫ネットの設置が有効である(図-8)。これはアザミウマ類が0.2 mmのメッシュでもほとんど通過してしまうこ

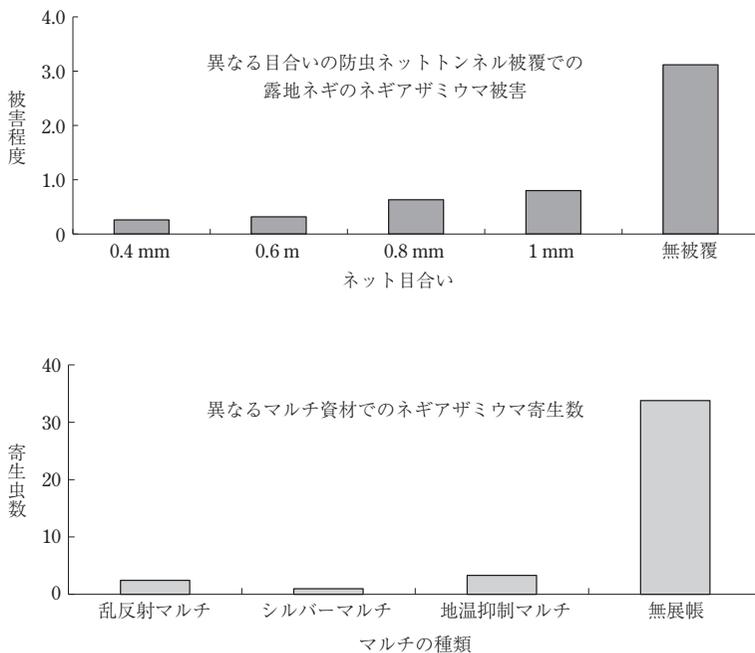


図-5 防虫ネットによるトンネル被覆および反射マルチ展帳のネギアザミウマ被害および密度抑制効果

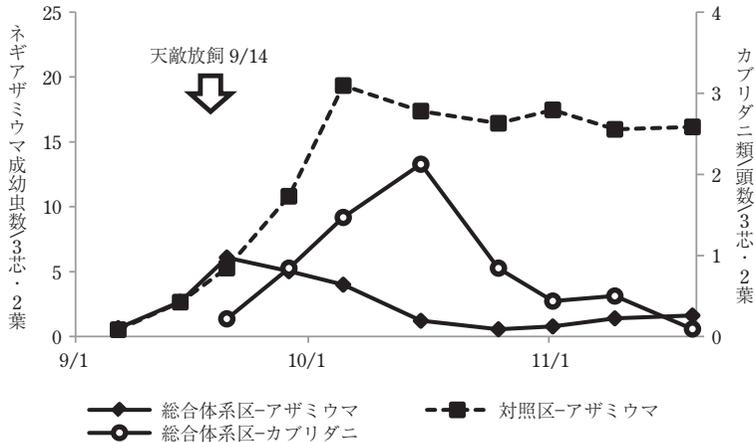


図-6 株養成期のニラ圃場における天敵（キイカブリダニ）利用の効果（伊藤・下元，未発表）

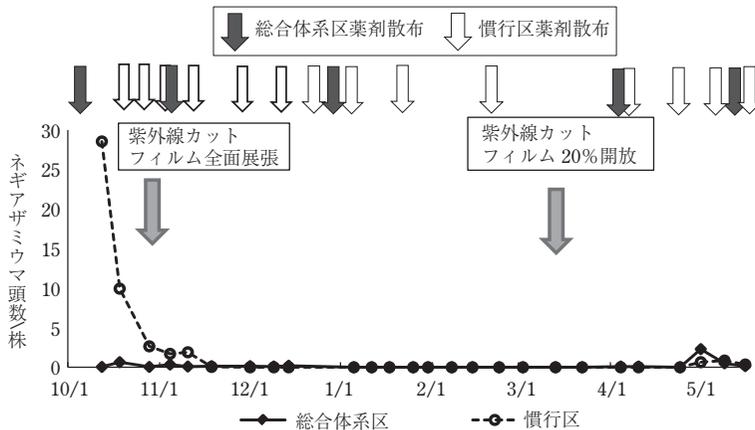


図-7 被覆開始後の総合管理体系区の防除効果（高知県南国市：伊藤，下元 2011 未発表）

各処理区における薬剤防除。

総合体系区：10/8 クロチアニジン，11/4 ジメトエート，12/31 ベンフラカルブ，4/5 スピノサド，5/5 クロチアニジン。

慣行防除区：10/20 ジメトエート，10/23 ベンフラカルブ，10/27 クロチアニジン，11/4 クロチアニジン，11/30 スピノサド，12/10 クロチアニジン，12/25 ベンフラカルブ，1/4 スピノサド，1/22 クロチアニジン，2/27 クロチアニジン，4/5 チアメトキサム，4/24 クロチアニジン，5/5 ジメトエート，5/12 クロチアニジン。

と、にもかかわらず目合い 0.8 mm 程度の防虫ネットで侵入を防げることから、防虫ネットには目合いで止めるのではない遮蔽効果のようなものがあると考えた。さらにネットに取り付いて侵入したものが直接施設内に侵入しないように、施設から離して設置し、通過したアザミウマをできるだけ乱反射材でトラップしようという仕掛けである。ただ施設ニラを取り巻く環境は産地によって異なると考えられ、それぞれの伝染環を探る必要が

ある。

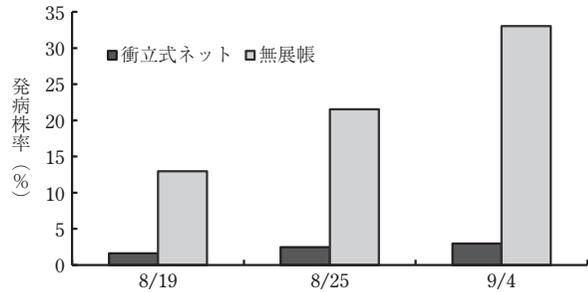
おわりに

本研究では IYSV の有無の確認から、危険度判定という一連のリスク評価を行い、それに基づいて最適なリスク管理法を導入することを最終目標とした。IYSV のリスク管理法（防除法）については、これまで様々な研究がなされ、その有効性について検討されていることか



図-8 乱反射資材併用衝立式ネット設置状況と IYSV 発病抑制効果

展帳ネットは目合い1mmのラッセル編防風ネット(着脱に便利で丈夫).
乱反射資材はタイベックシート, 下に防草シートを敷いておくとうよい.
こまめに汚れを落とすと数年は使用できる.



ら, ここでは補完技術としての再評価を主眼に様々な防除法の検討を行った。これは EBC (Evidence-based Control) の考え方にほかならないが, 根拠付けの基本をリスク評価による危険度判定という発生予察的手法に置いている。これによって, 防除の過不足を防ぐのがねらいだ。またそれぞれの管理法のねらいと長短所を示すことで, それぞれに見合った防除法の組合せを選択できる防除法のメニュー化を進めていきたい。全圃場について個別に評価して管理体系を導入するところまでは至っていないが, 感染源が特定できる場合は, IYSV による病徴の確認がある程度できれば危険度判定が可能になったと思う。ただ苗による持ち込みなど突発的な発生に対する応急対策については, さらに検討が必要である。またマス検定を広域に適用することによって, より広範囲に感染リスクを監視し, その濃淡を知ることができれば, さらに精度の高い発生予察が可能である。侵入病害虫は県境にはとらわれずに拡大する。したがって県域を越えた監視体制が今後必要となる。

昆虫媒介性ウイルス病は媒介虫の防除がどうしても必要であるが, 本研究で明らかになったように種内に多系統を内包するネギアザミウマのような場合, 特に生殖系統が異なるとき圃場の様相はより複雑で, まるで耐性菌の出現頻度のように変化する産雌系と抵抗性発達回避のために世代交代に合わせた防除体系が必要な産雄系が混在し, さらに圃場状態によっては他種のアザミウマまでが混じり込んでくるようなところでは, なかなか現状に

正確な根拠を与えることは難しい。このことは多くのバイオタイプを種内に持つタバココナジラミについても, その様相は違うが抱える問題は同じである。今後は, よりリアルタイムで現場で簡便に実施できる殺虫剤感受性簡易検定法の開発とその利用方法に根拠を与えるための遺伝学的な研究や数理生態学的な研究が必要であろう。

引用文献

- 1) 相澤美里ら (2012): 第 56 回応動昆虫講要: 16.
- 2) ————ら (2013): 第 57 回応動昆虫講要: 83.
- 3) CORTES, I. et al. (1998): *Phytopathology* **88**: 1276 ~ 1282.
- 4) 土井 誠ら (2003): 日植病報 **69**: 181 ~ 188.
- 5) 藤 晋一 (2010): 同上 **77**: 51 ~ 52.
- 6) 藤永真史ら (2007): 関東東山病虫会報 **54**: 89 ~ 92.
- 7) GERA, A. et al. (1998): *Plant Disease* **82**: 127.
- 8) 石川浩二ら (2012): 日植病報 **78**: 231 (講要).
- 9) ———— (2013): 植物防疫 **67**: 657 ~ 661.
- 10) 伊藤政雄ら (2013): 第 57 回応動昆虫講要: 71.
- 11) 古味一洋ら (2004): 九沖農研成果情報 **19**: 511 ~ 512.
- 12) MURAI, T. and S. TODA (2002): Variation of *Thrips tabaci* in color and size. R. Marullo and L. A. Mound (Eds), *Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*. Australian National Insect Collection, Canberra, p. 377 ~ 378.
- 13) 奥田 充 (2002): 植物防疫 **56**: 18 ~ 21.
- 14) POZZER, L. et al. (1999): *Plant Disease* **83**: 345 ~ 350.
- 15) 櫻井民人 (2006): 植物防疫 **60**: 356 ~ 360.
- 16) 下元祥文ら (2012): 日植病報 **78**: 231 (講要).
- 17) 十川和士ら (2012): 四国植防 **46**: 16 (講要).
- 18) ————ら (2013): 第 57 回応動昆虫講要: 72.
- 19) TODA, S. et al. (2007): *Appl. Entomol. Zool.* **43**: 309 ~ 316.
- 20) 植草秀敏ら (2005): 関東東山病虫会報 **52**: 31 ~ 34.
- 21) 渡邊丈夫ら (2013): 第 57 回応動昆虫講要: 72.
- 22) 矢野和孝 (2013): 植物防疫 **67**: 690 ~ 695.
- 23) 米本謙悟ら (2012): 日植病報 **78**: 231 (講要).
- 24) 善 正二郎ら (2005): 同上 **71**: 123 ~ 126.