



生物的防除部会ニュース No. 72

2021年4月28日発行

目 次

1. 「中国モウソウチクにおけるスゴモリハダニの被害と
バンカープラントの意義」 1 頁
斎藤 裕 氏 北海道大学名誉教授
2. 「ダイズシストセンチュウの新規生物的防除法の紹介」 7 頁
豊田 剛己 氏 東京農工大学教授
3. 「IPM と薬剤抵抗性対策を踏まえた上手な病害虫防除」 15 頁
山本 敦司 氏 日本曹達(株) 生物的防除部会 副会長
4. 「施設栽培で利用できるアブラムシ類天敵製剤の開発と利用法」 24 頁
小原 慎司 氏 (株)アグリ総研
5. 2021 年度 第 1 回オンライン講演会 開催のお知らせ
開催日 : 2021 年 6 月 15 日 (火曜日) 13 時 00 分 ~ 16 時 00 分

演題 1 「生物的防除は昨今産地でどのように評価されているのか」 28 頁
柿元 一樹 (株)Field Styled Lab

演題 2 「二次植物栽植によるタマネギおよびキャベツ害虫の抑制効果」 28 頁
関根 崇 宮城県農業・園芸総合研究所

演題 3 「環境に配慮した有害線虫の効果的防除技術の開発」 29 頁
奈良部 孝 農研機構北海道農業研究センター

演題 4 「バイオスティミュラントの EU・EPA での法制化の現状などについて」
和田 哲夫 生物的防除部会 副会長 29 頁

東京農業大学総合研究所研究会

生物的防除部会（部会長 河津 圭）

生物的防除部会（庶務 足達太郎）

〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

TEL 03-5477-2411（直通）

FAX 03-5477-4032

e-mail t3adati@nodai.ac.jp

中国モウソウチクにおけるスゴモリハダニの被害とバンカープラントの意義

齋藤 裕 北海道大学名誉教授

フリー百科事典『ウィキペディア』によれば、バンカープラントとは、農作物を育てる際に、病虫害の防除を目的として、戦略的に植生を管理し、放飼増強された天敵を保護利用するための植物をいう。生物的防除に携わっていた者がウィキペディアを引用するのはいかなるものかとは思いますが、バンカープラント（以下BPと略す）は、私が現役を去る少し前、土着天敵を生物的防除に利用する上で重要な要素として注目され始めたものである。当時私から見て、何を今更という感が否めなかった。何故なら、私の先生が、当時すでに土着天敵の保護管理の重要性を提唱してから久しかった（森樊須他, 1993）からである。それは、海外からの輸入天敵導入による生物的防除に限界が見え始めて、土着天敵の有効利用を再評価しようという機運が高まった時期に重なる。

作物に害虫が発生するのは何故か。このような基本的疑問について、改めて考えてみよう。まず、害虫と人間が好む植物（作物）が共通していることが挙げられる。人間はそのような好ましい植物を大量に栽培したいので、それに応じて害虫問題も大きくなる。さらに、大量の作物を栽培するためには、他の植物は障害（雑草）でしかないので、それらを極力排除しようとする。これが、いわゆる農業の始まりという事になる。単作大規模化農業が害虫問題を引き起こしたということが度々指摘されてきたが、そのメカニズムを明示した例は多くをみない。それは、害虫や雑草を農薬によって押さえ込むという別の便利な技術があったためであろう。この化学に頼った省力的な農業によって、農作物の増産が果たされてきたが、肥料や農薬の原料の高騰、またそれらによる環境汚染は、無視できないレベルに達している。

このような事情から、生物的防除が重視されるようになってきた。しかし、生物的防除の試みは、しばらくは有効と見られる天敵の海外からの導入に頼っていた。私が関わったチリカブリダニはこの先駆的な例の1つ（森樊須他, 1993）である。多くの作物（果樹等を含む）が海外からの導入品種であることから、その原産地からの天敵導入によって防除に成功した例も多々あるが、土着作物にはそれが適用されにくい。また、生物的防除は人工的かつ試行錯誤的なものであり、必ずしも一貫した理論の下で行われてきたものとは言いがたいところがあった。

害虫大発生の原因解明に、その植物（あえて作物とは言わない）が自然環境において、どのような害虫や天敵と相互作用して生き残ってきたのか、という基本的な知見が不十分であったように思われる。近代農業がここまで発展してからは、自然植生から有用作物を選抜して栽培するというプロセス（農業の発展）を再現することは容易ではない。したがって、ある害虫を防除するために、どんな BP とそれに付随する害虫や天敵を導入すれば良いのかは、やはり試行錯誤でしか解明できないのが現状だと考えられる。そのような中で、ここで紹介するモウソウチの害虫問題の顛末は、自然植生（に近い）の中の作物（モウソウチク）を単作多肥料栽培（農業化）したことによって起きた害虫問題の原因を明らかにして、そこから元の植生の一部を BP として回復することで問題を軽減するに至った比較的珍しい例といえよう。

我々が普段食べているタケノコの多くが中国四川省・福建省産モウソウチクである。1980年代後半からその福建省のモウソウ竹林で大規模な竹枯れが発生し、長江大洪水（1998年）の際には、福建省でも各地で大規模な竹林の崩壊（土砂崩れ）が発生した。竹害虫の専門家であった私は、長江大洪水の直後、福建省農業科学院からの要請を受けて、この竹林崩壊の原因究明に携わることになった。

中国政府からの招聘を受けて原地調査に入って、まず1980年後半から1990年前半にかけて竹林の栽培がどう変化したかについて情報を集めた。それによれば、この時期に、福建省では輸出拡大を目指してタケノコの大増産運動を展開し、化学肥料の投入、竹林の単作化を強く推し進めたという。この運動は短期間に実績を上げ、それまでのタケノコ生産量の約3倍を実現することができたが、まもなく竹枯れが起こり、生産の半減を招いたとされている。それでも増産運動前に比べれば1.5倍の収穫があり、問題は深刻ではないと思われるかもしれないが、竹林は単にタケノコ生産のためにあるわけではなく、豪壮なモウソウチクの稈は重要な建築、産業資材であり、またその広範にひろがる地下茎は国土保全、すなわち山岳部の地すべり防止にとっても重要な役割をもっている。疲弊した竹林では地下茎が浅くなり、簡単に地すべりを起こすという。そのような竹林からは小さなタケノコしか得られず、生産量は保てても、商品価値がひどく低下してしまう。

単作のモウソウチク林（以下単作竹林とする）のダニ類個体数の季節的な変化、被害の変化、ダニ類の移動や分散、さらに単作化されていない竹林（以下混交竹林とする）の植生とそこに存在するダニの種類相を地道に調べてたどり着いた結論は、造巢性で社会性をもつハダニ（Saito et al. 2016）であるナンキンスゴモリハダニ

(*Stigmaeopsis nanjingensis* (Ma et Yuan)) の大発生が、竹枯れの主要因であること、その発生原因が、本来それを抑えていた天敵タケカブリダニ(*Typhlodromus bambusae* Ehara)が単作竹林で激減したことにあるということだった。そこで、単作竹林でなぜ天敵が減少したのかを解明するために、これらの害虫ハダニとその天敵の関係についての詳しい研究を行った。

まず、混交竹林の植生を調査したところ、そこにはススキや他種のタケ類が繁茂していることが分かった。さらに興味深いことに、このススキにナンキンスゴモリハダニの近縁種ピンスゴモリハダニ(*Stigmaeopsis continentalis* Saito et Lin)が生息しており、さらに他のタケ類にはモウソウスゴモリハダニ(*Stigmaeopsis tenuinidus* (Zhang et Zhang))やナラピンスゴモリハダニ(*Stigmaeopsis tegmentalis* Saito et Lin)が発生し、同時にこれらのスゴモリハダニの巣からタケカブリダニが採取されたのだった。

ここで、スゴモリハダニ類とタケカブリダニの関係について述べておきたい。タケカブリダニは、日本でもササ・タケ類に発生するケナガスゴモリハダニ(*Stigmaeopsis longus* (Saito))を初めとするスゴモリハダニ類(日本には現在ササ・タケ類に5種、ススキに2種が存在する)の主要天敵である。このカブリダニはスゴモリハダニの巣に強く依存する(巣の中で生活する)し、スゴモリハダニ類以外のハダニを餌とすると繁殖力が大幅に落ちる(Saito 1990)。簡単にいえば、タケカブリダニはスゴモリハダニ類の巣に好んで生息する特異的天敵なのである。

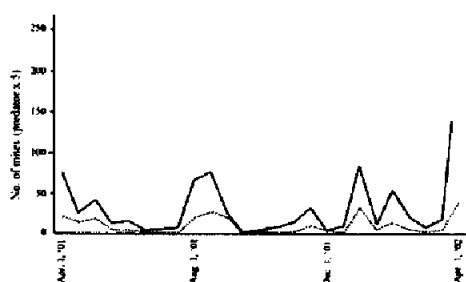


図 1. 福州のモウソウチク混成林の下草ススキにおけるピンスゴモリハダニ(実線)とタケカブリダニ(破線)の個体群動態、Tsuji et al. (2011)より。

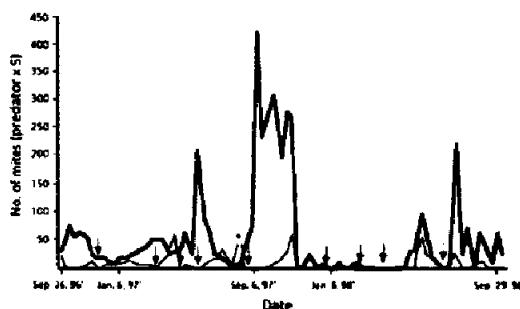


図 2. 福建省の単作モウソウチク林におけるナンキンスゴモリハダニ(太線)とタケカブリダニ(細線)の個体群動態、Tsuji et al. (2011)

図1に福建省の混成竹林の下草のススキにおけるピンスゴモリハダニとタケカブリダニの発生活動を示した(Tsuji et al. 2011)。ピンスゴモリハダニが増えればタケカブリダニがそれを追うように増え、また前者が減れば後者も追従して減るという捕食-被食者の典型的な個体群動態が認められる。これは、この系が安定して保たれている

ことを示唆していた。一方、単作竹林で調べられたナンキンスゴモリハダニとタケカブリダニの個体群動態（図2）では、後者が度々消滅し、前者の大発生が起きていた。つまり、これらの個体群動態のデータから、ススキにタケカブリダニが存在することがモウソウチク林のタケカブリダニ個体群の維持に重要であることが示唆された。この点をコンピューターシミュレーションで解析したTsuji et al. (2011)は、モウソウチク単作林およびススキだけの植生ではタケカブリダニとスゴモリハダニの系は不安定であるが、両者の系にタケカブリダニの移動があると仮定すると、両系の安定性が格段に上がることを示した。ここで大事なことは、モウソウチクのナンキンスゴモリハダニはススキで、ススキのピンズゴモリハダニはモウソウチクで繁殖ができるが、タケカブリダニはこの両者に生息するスゴモリハダニを共通して捕食できる点である。すなわち、ススキがモウソウチクのハダニ防除のためのBPになり得るということである。1980年代にモウソウチク林から自然植生の1つであるススキが除去された（ススキはパルプ材料として利用されたい）ことが、ナンキンスゴモリハダニの大発生を招いた1大要因であると推定された。

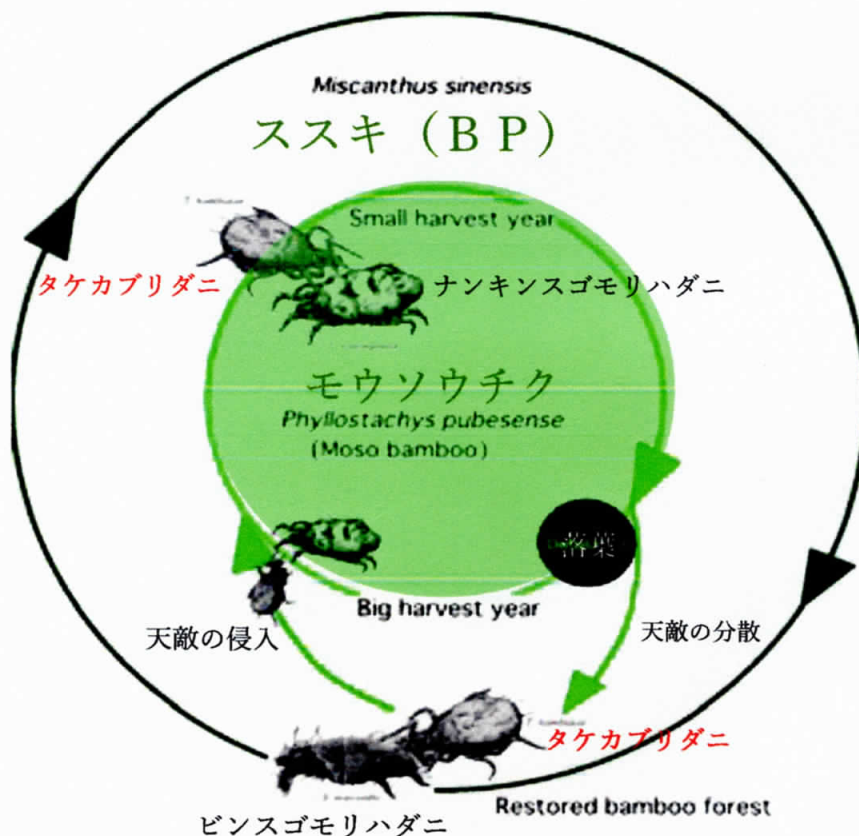


図3. 多様性を保ったモウソウチク林（混成林）に存在する害虫と天敵の相互作用系の模式図。モウソウチクは2年に一度落葉し、落葉後新葉展開の年を Big harvest year(大年), その次の年を Small harvest year(小年)と呼ぶ。

こうしてモウソウチク林の害ハダニ生物的防除においてBPであるススキの重要性が明らかになった(図3)段階で、われわれはモウソウチク林にできるだけススキを残すように、根拠を示して農家に提言することができたのである。

以上、モウソウチク林のハダニ大発生問題に一定の解を見つけることができたが、実は事ほど左様に単純ではないことも同時に明らかになってきたのである。それはスゴモリハダニ類とタケカブリダニの複雑な相互作用に関係している。最後にこの点について簡単に紹介しておこう。

それはナンキンスゴモリハダニの大発生原因が、ここまで述べてきた要因以外にも存在する可能性である。一般に動物の食う-食われるものの相互作用系では、食うものの一方向的捕食を前提としているが、食われる側のナンキンスゴモリハダニは巣を作って集団で生息し、成虫の雌雄(両親)による天敵に対する強い反撃(counterattack、親による子の保護)能力をもつことが明らかとなっている(Saito & Zhang 2017)。巣にナンキンスゴモリハダニ雄1匹では約50%、雌1匹では70%の確率で天敵のタケカブリダニ幼若虫を殺することができるのである(図4、5)。タケカブリダニ成虫はナンキンスゴモリハダニの成虫を容易に捕食できるし、子を守るための行動(cross-counterattack)も持っているので、力関係では一応捕食者が勝っているが、それも状況(例えば両個体群の年齢構成)によって変化すると考えられる。したがって、この天敵によるナンキンスゴモリハダニ個体群の制御系には、かなり微妙な問題が潜んでいるように思われる。

以下は想像を含むが、このような微妙な相互作用系は、これらのハダニとカブリダニが長い歴史の中で緊密な相互作用、すなわち共進化を遂げたことを意味しており、今回のナンキンスゴモリハダニの突発的大発生はその「反撃行動がカブリダニの捕食力を上回までに進化した」ことによるとも考えられるのである。それがBPの欠如に相まって事態を深刻化させたのかもしれない。また、反撃能力の強いナンキンスゴモリハダニ成虫の多い時期には、カブリダニのハダニ制御力が低下する可能性がある。したがって、ハダニの年齢構成が成虫に偏っている時期、例えば越冬あけの春先(ナンキンスゴモリハダニは成虫雌が休眠越冬する)には、タケカブリダニの増殖が抑えられ、ハダニが大発生しやすいだろう。このような時期に、タケカブリダニがBPでピンスゴモリハダニを餌として数を増やし、後にハダニの卵や幼若虫が増えてきたモウソウチクに移行できれば、ナンキンスゴモリハダニの制御に都合がよかったのかもしれない。これらの推測は、ますますBP(ススキ)の重要性を強調することになるので本論とは矛盾しないが、土着害虫と土着天敵の間には、長い歴史の中で、こうした複雑な関係が形成されている可能性に十分留意すべきであろう。

引用文献

森 樊須編 (1993) 天敵農薬 —チリカブリダニ— その生態と応用—, 日本植物防疫

協会、東京.

Saito, Y. (1990) Life history and food habit of *Typhlodromus bambusae* Ehara, a specific

predator of *Schizotetranychus celarius* (Banks) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae).

Exp Appl Acarol 10: 45-51.

Saito Y., Y.-X. Zhang, K. Mori, K. Ito, Y. Sato, A. R. Chittenden, J.-Z. Lin, Y. Chae,

T. Sakagami and K. Sahara (2016). Variation in nesting behavior of eight species of spider mites,

Stigmaeopsis having sociality. Sci Nat 103:87.

Saito Y. and Zhang Y.X. (2017) Locking out predators by silk, a new counterattack

behaviour in a social spider mite. Ecol Entomol DOI: 10.1111/een.12402.

Tsuji N. • A. R. Chittenden • T. Ogawa • T. Takada • Y.-X. Zhang • Y. Saito (2011). The

possibility of sustainable pest management by introducing bio-diversity: simulations of

pest mite outbreak and regulation. Sustain Sci 6: 97-107.

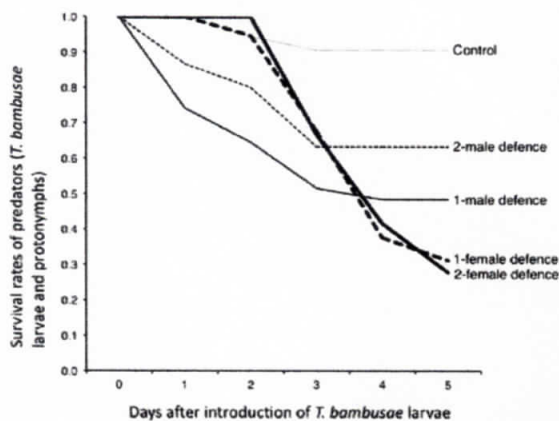


図 4. ナンキンスゴモリハダニの雌雄によるタケカブリダニ幼若虫に対する反撃効果を示す。Saito & Zhang (2017)より。

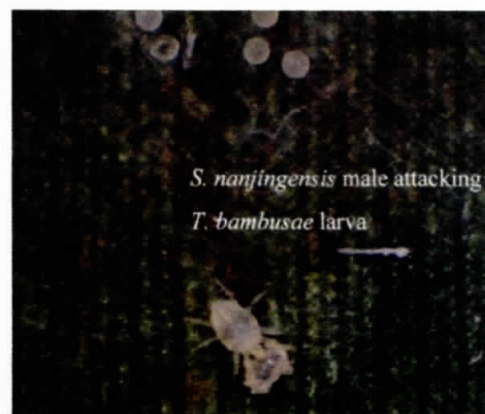


図 5. ナンキンスゴモリハダニ雄によるタケカブリダニ幼若虫に対する反撃。Saito & Zhang (2017)より。

ダイズシストセンチュウの新規生物的防除法の紹介

豊田剛己 東京農工大学

1. はじめに

増え続ける世界人口ならびに食生活の変化のため、世界の穀物生産量を2050年までに2倍に増やす必要がある(Ray, 2013)。三大穀物であるイネ、コムギ、ダイズにおける単位面積当たりの収量は、世界の主要生産国のいずれにおいても順調に増加してきている(図1)。一方我が国では、イネおよびコムギは増加しているものの、ダイズのみ横ばいであり(図2)、都道府県別にみると、減少傾向にある県がいくつも存在する。これは、我が国のダイズ生産は世界と異なる状況にあり、何かしらの生産阻害要因が存在することを意味する。

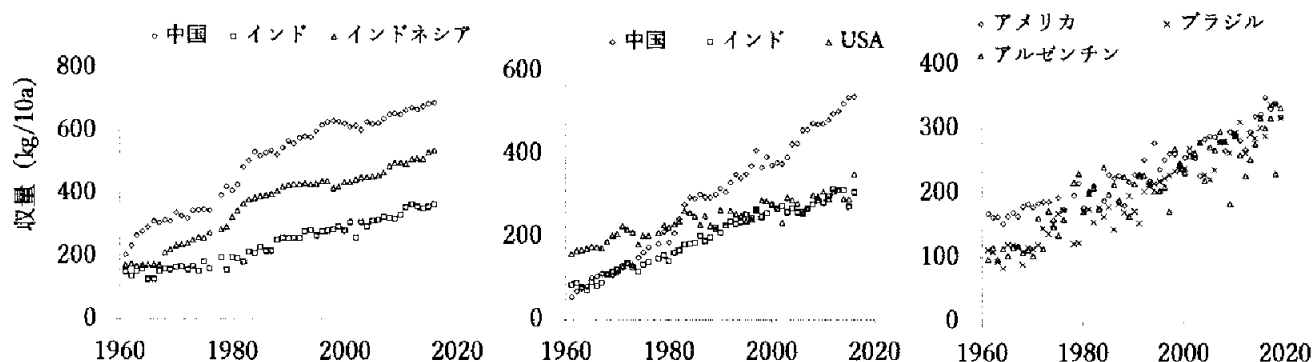


図1. イネ(左)、コムギ(中)、ダイズ(右)の世界主要生産国における単位面積当たりの収量の経年変化 (FAOSTAT より)

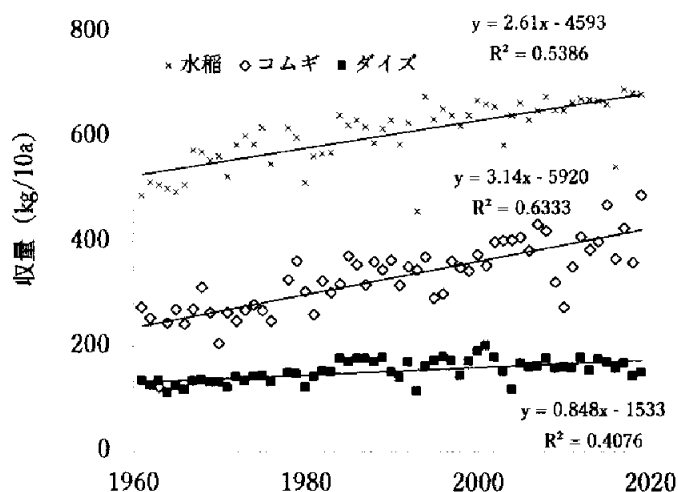


図2. イネ、コムギ、ダイズの我が国における単位面積当たりの収量の経年変化 (農水省統計より)

世界の主要ダイズ生産国では収量は増加してきているものの、ダイズシストセンチュウ *Heterodera glycines* Ichinohe (SCN) をはじめとする様々な病原菌が知られる(表1)。一方、我が国におけるダイズの低収要因は湿害、黒根腐病菌、土壌の窒素含量、整粒比率、収穫ロスがメインだと考えられている(新良力也氏による2015年の講演発表資料より)。ダイズでは不明であるが、エダマメではこれに加えてダ SCN による被害が大きいことが分かってきた。

エダマメはダイズの未成熟期に収穫したもので、タンパク質や植物繊維を多く含むだけでなく、様々なビタミン類も豊富に含むという特徴をもつ。国内の1万3000haで栽培され、年間約5万トンが出荷される。1980年代の最盛期には年間8万トンを超える出荷量をほこっていたが、この40年間は漸減傾向にある(図3)。

表1. 世界の主要ダイズ生産国(生産比率)と主要病害(Wrathet et al. 2010)

	USA (34%)	ブラジル (28%)	アルゼンチン (20%)	中国 (5%)
1位	ダイズシストセンチュウ	さび病	褐紋病 <i>Septoria</i> brown spot	さび病
2位	ダイズ疫病 <i>Phytophthora</i>	ダイズ斑点病 <i>Cercospora</i> leaf blight	ダイズ斑点病 <i>Cercospora</i> leaf blight	ダイズシストセンチュウ
3位	苗立枯病	ダイズシストセンチュウ	ダイズ炭腐病 Charcoal rot	ネコブセンチュウ

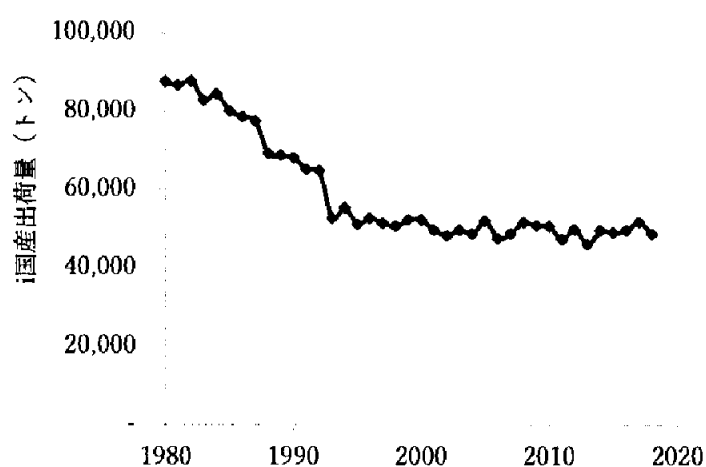


図3. 我が国におけるエダマメ出荷量の経年変化(農水省統計より)

SCNはダイズやアズキに被害をもたらす植物寄生性線虫である。わが国では北海道や東北地方のダイズ生産地域に広く分布するが、近年は関東や近畿地方のエダマメ産地に分布域が拡大している。本報告では、演者らが開発中の緑豆すき込み法という生物的防除法について紹介する。これは初期生育が極めて旺盛な緑豆を2~4週間程度栽培し土壌にすき込むことで、土壌中のSCNの孵化を促進し餓死させる方法である。孵化に土壌水分や地温が大きく影響するが、両者の好適条件下で実施できれば、短期間、低コストの線虫密度低減策となる。

2. 被害の様子

ダイズシストセンチュウの典型的な被害は、生育不良と葉の黄化である(図4)。根を引き抜き、根に白いつぶつぶが見られれば、それはダイズシストセンチュウのメス成虫である(図5)。時間が経つと、メス成虫は死んでシストとなり、色も黄色から褐色に変化する。ダイズシストセンチュウ被害の場合、生育途中では根に白あるいは黄色のつぶつぶが必ず見られるので、これで確認が得られる。一方、収穫期になると、シストの色が褐変化し土と見分けづらくなり、また、根が腐り根を引き抜く際、根からシストが外れてしまい、根にシストらしきものが見られないことがある。そのため、収穫期のみでの観察では、シストセンチュウ害を見誤る危険がある。また、収穫期まで葉が緑色を呈し旺盛な生育を示したとしても、根にシストがついていることがある。こうしたケースではその作では収量減はほとんどないが、翌作に被害が発生する。生育中期から収穫時にかけて、根の様子を確認しておくことが重要である。



低密度汚染土壌

高密度汚染土壌

図4. ダイズシストセンチュウ汚染土壌で栽培したエダマメの様子



図5. エダマメの根を掘り起こした際に見られる白いつぶつぶ（峯岸芳雄氏撮影）

3. 防除法

ダイズシストセンチュウ対策として、化学的防除や耕種的防除など様々な防除法が知られる。燻蒸剤を用いた土壤消毒は線虫密度低減効果が高いが、燻蒸剤そのものが危険であり、畑と住宅地が混在する都市近郊のエダマメ産地などでは利用しづらい状況が増えてきた。また、粒剤タイプの殺線虫剤には高い線虫抑制効果を期待できるが、繰り返し使用することで薬剤の効果が減少する“不効化現象”（Karpouziasら、2004）の恐れがある。わが国でも、いくつかの圃場で殺線虫剤の効果が薄れてしまった事例が見つかっているため、安易な殺線虫剤の使用は控えなければならない。

クロタラリアなどの緑肥栽培も高い線虫密度軽減効果を有するが、収穫物を販売できない緑肥を3か月間栽培することに躊躇する生産者は多く、普及は断片的である。ダイズではダイズシストセンチュウに対する抵抗性品種が知られるものの、エダマメには抵抗性品種は今のところ開発されていない。こうした背景の中、著者らは、環境負荷が少なく低コストで、処理期間の短い新たな生物的防除法として、緑豆すき込み法を開発した（Chikamatsuら、2017、2021）。

4. 緑豆すき込み法の紹介

緑豆すき込み法とは、‘もやし’の原料である緑豆を2週間～4週間栽培した後すき込むことで、土壌中に存在するダイズシストセンチュウの卵の孵化を促進して餓死させ線虫密度を低減する方法である。緑豆を選んだ理由は、種子が安価で、発芽率が安定して高く、初期生育が良好なためである。クロタラリアやクローバーなどのマメ科緑肥も孵化促進効果を有するので、これらの作物を使うこともできる。適切な条件下でマメ科緑肥を短期間栽培しすき込むこ

とで、土壌中のダイズシストセンチュウ密度が7割以上減る。ポイントは、①地温が25℃以上の時に緑豆を播種し、すき込むこと、②適度な土壌水分を確保すること、③後作作物はすき込みから2週間程度経ってから播種すること、である。また、緑豆をすき込むことで、土壌肥沃度改善効果、露地圃場では表土流亡、硝酸イオン溶脱リスクの軽減も期待できる。

地温が重要なのは、ダイズシストセンチュウの孵化に温度が大きく影響するためである。20℃ではほとんど孵化せず、25℃で孵化率が最大となり、30℃でも25℃と比べて孵化率が劣るが、半分程度孵化する。20℃と25℃を12時間ずつ交互に繰り返すと、25℃一定条件下と比べて長時間を要するようになるが、孵化率は同程度を示す。孵化率が高くなれば、その分だけ孵化した線虫が餓死するので、結果的に土壌中の密度が低下する。そのため、地温が25℃~30℃で安定している時期、関東地方ではエダマメ収穫後の6月後半から8月が緑豆すき込み法の適期となる。エダマメ播種前の5月~6月でも、日中の地温が25℃に到達する時期であれば実施できるが、その場合には、緑豆すき込みで孵化促進されたダイズシストセンチュウの二期幼虫が餓死するのを待つ必要があるため、すき込み後、最低2週間経過してからエダマメを播種あるいは移植する。

土壌水分も孵化に大きく影響する。pF3を超える乾燥条件下およびpF1.7以下の過湿条件下では孵化しない。pF2~2.3の適度な土壌水分条件下で、孵化率がもっとも高くなる。ハウス栽培では緑豆の生育を良好にするため播種時に灌水し、加えて、孵化を促進するためにすき込み後にも灌水することが必須である。露地では降雨が見こまれる前後にすき込むと高い効果が期待できる。

エダマメ収穫後に、緑豆すき込み法を実施する場合、その後作の作付時期にも注意が必要となる。堆肥や青刈り作物などの場合と同様、すき込み直後に後作作物を播種すると窒素飢餓や生理障害が見られることがあるためである。すき込み後2週間程度経過してから播種する。

その他の留意事項としては、緑豆の栽培期間が2週間より長くなると、根粒が根に付きはじめ窒素固定が行われるようになる。そのため、緑豆を2週間以上栽培してからすき込むと、土壌の炭素・窒素含量を増やし肥沃度を高めることができる。これは大きなメリットであるが、1.5ヶ月以上栽培すると、その圃場にネコブセンチュウあるいはネグサレセンチュウが生息していた場合には、これらの線虫を増やしてしまう深刻なデメリットがある。したがって、通常の緑肥のように緑豆を2~3カ月間栽培することは避けなければならない。

付随的な効果としては、緑豆を栽培すると、前作の収穫後に土壌に残存していた硝酸イオンが緑豆に吸収されるため、地下水への溶脱リスクが低減される(図6; Toyota, 2021)。緑豆を播種した7月18日から9月6日にかけて

て、裸地区、緑豆すき込み区のいずれにおいても表層の硝酸イオン濃度が大きく減少したが、30-60cmの下層土では裸地区の方が硝酸イオン濃度が高かった。これは、裸地区では表層から下層へと硝酸イオンが溶脱したのに対し、緑豆すき込み区では表層の硝酸イオンの一部が緑豆により吸収されたために、下層への溶脱量が低下したと考えられる。また、すき込み2週間後では、表層の硝酸イオン濃度が緑豆すき込み区で顕著に高くなっており、これは、緑豆に吸収された硝酸イオンの一部がすき込みにより土壤に放出されたためと考えられる。

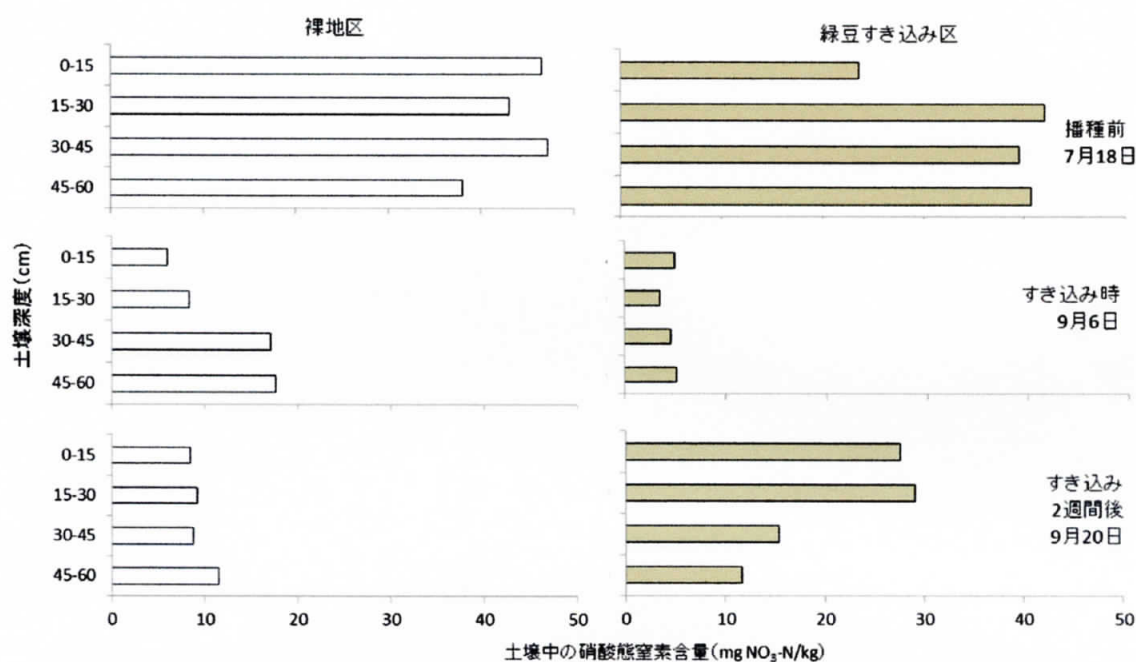


図6. 緑豆すき込み法が土壤中からの硝酸態窒素溶脱に及ぼす影響
(Toyota (2021)のデータを基に作図)

5. 緑豆すき込み法の経済性

緑豆すき込み法に要するコストは、①緑豆種子代（10アール当たり7~13千円）、②播種やすき込みに要する時間と燃料代（時給千円、重油100円/Lで試算すると、千~5千円）、それに加えてハウス栽培では、③灌水チューブ代・設置に要する時間・灌水（地下水のくみ上げ）に要する電気代である（10千円）。推奨する時期は春—夏エダマメ栽培後の夏の時期であるが、地温が25℃に達しない時期に緑豆すき込み法を実施する際、すき込み時にマルチを行うことで地温を2℃程度上げることができる。この場合、④マルチ設置、回収費用が必要となる。10a当たりの必要経費の試算は、埼玉県（ハウ

ス) 22,000 円、神奈川県 (露地) 11,000 円、千葉県 (露地) 8,000 円、奈良県 (すき込み時にマルチ使用) 39,000 円となった。

一方、増収については、約 8 割の線虫密度低減効果が確認されているため、それに基づいて収量増を試算し、必要経費を差し引くと、10a 当たり 26,000 円~220,000 円の増収となった。露地圃場ですき込み時にマルチ被覆をしないケースでは、必要経費はもっとも少なくなるが、露地圃場では水分条件のコントロールが難しいため、線虫密度低減効果が安定しないという弱点がある。

緑豆すき込み法のコストを他の防除法と比べると、緑豆の種子代は土壤消毒剤 (15 千円~50 千円) と比べて低価格であり、粒剤タイプの殺線虫剤 (13~16 千円) と比べても安価である。緑豆すき込み法では種子代以外にもその他の経費を必要とするが、土壤消毒においてもマルチによる被覆、耕耘によるガス抜きは共通しており、種子代が安い分、総経費としても安くなる。一方、粒剤では、耕耘は共通して行われるが、マルチ被覆や灌水の必要性がないため、総経費としては粒剤がもっとも経済的である。しかし粒剤では、上述したように、繰り返しの使用により線虫害軽減効果が減少する '不効化' が起きるリスクがある。また、土壤肥沃度向上や土壤流亡防止効果が期待できない。したがって、エダマメやダイズでは、長期的に土壤肥沃度を維持した持続的な線虫防除のためには、緑豆すき込み法が最適である。

引用文献

- Chikamatsu, S., Wang, X., Ito, D., Yamada, E. & Toyota, K. (2017). Effect of short-term growth of mung bean and its soil incorporation on the density of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in pot experiments. *Nematology* 19, 1147-1155.
- Chikamatsu, S., Takeda, A., Ohta, K., Imura, T., Perry, R. N. & Toyota, K. (2021). Suppression of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, by short-term field cultivation and soil incorporation of mung bean. *Nematology* 23, 305-315.
- Karpouzias, D. G., Karanasios, E., Menkissoglu-Spiroudi, U. (2004). Enhanced microbial degradation of cadusafos in soils from potato monoculture: demonstration and characterization. *Chemosphere* 56, 549-559.

- Ray, D. K., Foley, J. A. (2013). Increasing global crop harvest frequency: recent trends and future directions. *Environmental Research Letters* 8, 044041.
- Toyota, K. (2021). Studies on ecology, diagnosis, and control of soilborne plant pathogens and plant parasitic nematodes: a synthesis. *Soil Science and Plant Nutrition* 67, 18-25.
- Wrather, A., Shannon, G., Balardin, R., Carregal, L., Escobar, R., Gupta, G. K., Ma, Z., Morel, W., Ploper, D., Tenuta, A. (2010). Effect of diseases on soybean yield in the top eight producing countries in 2006. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2010-0125-01-RS.

IPM と薬剤抵抗性対策を踏まえた上手な病害虫防除

山本 敦司

東京農業大学総合研究所 研究会生物的防除部会 副会長

日本曹達株式会社 研究開発本部

はじめに

2021年3月、農林水産省(2021)は「みどりの食料システム戦略」の中間取りまとめを公表した。これは、食料生産の持続性を2050年までに技術革新(イノベーション)で実現する包括的な考え方である。この中には病害虫防除に関わる目標「化学農薬の使用量低減」や「有機農業の面積拡大」もあり、目標達成のさまざまな革新技術の一部に「IPM(総合的病害虫・雑草管理)の普及」と「薬剤抵抗性対策」に関する技術が掲げられている。

本稿では、この新たな動向も踏まえ、害虫分野を中心に上手な防除の現状と課題について、次の4点をトピックに、できるだけ基本に立ち戻り論説する。そもそも、①化学的防除主体に行われている害虫・雑草防除の実態はどうか、②薬剤抵抗性対策はなぜ必要なのか。さらに、③IPM技術を駆使することや、④ミツバチ等の送粉昆虫や天敵昆虫を保全することが、なぜ必要なのか。なお、本稿では、ミツバチサミット2019(12月開催)でのシンポジウム講演「ハチ類も使える上手な病害虫防除」(山本、2019a)、と東京農業大学総研・生物的防除部会講演会(2021年2月開催)での講演内容に、最近の情報を加えて論説した。

I 化学農薬

1-1 病害虫・雑草防除の現状/生産者の一般的な意見

農業生産者の一般的な意見は、次のように集約できるだろう。「病害虫と雑草の防除で、とても困っているわけではありません。化学農薬を主に使って、何とか防除はできています。また最近では、天敵昆虫などのIPM技術も使い始めてみました。化学農薬はGAPに従って適正に管理し使っています。JAや普及所の防除暦も良くできています。防除暦に従って農薬を使用すれば、ハチ類への影響も防げています。ただ、病害虫の薬剤抵抗性は心配ですし、もっと楽でコストを抑えられる防除法があれば知りたいです。」

1-2 統計からみた病害虫・雑草防除の現状

農業経営費に占める農薬費(生物農薬も含む)の割合は、水田・畑作・野菜・果樹の全体平均で、約7%、約25万円/10aである(2014年、経営形態別経営統計と営農累計別

経営統計／農水省)。この金額で防除が行われているので、農薬のコストパフォーマンスは良いとも考えられる。

別の視点からも分析した。47 都道府県での農業産出額（耕種のみ：約 6 兆円）を生み出すために貢献する農薬による防除費用（出荷金額、3704 億円）の割合は、概ね 6.2%である（2016 年、それぞれ農水省と日植防の統計）。この農薬の貢献割合「約 6.2%」が、農業経営費に占める農薬費の割合「約 7%」と大きくかけ離れてない点が興味深い。

参考として、過去 20 年間の農薬の出荷金額の合計は約 3700 億円前後で、概ね安定して推移している（日植防、農薬要覧の各年次統計より）。作物分野別では、水稻：約 1200 億円、果樹：約 500 億円、野菜・畑作：約 1200 億円、その他：約 800 億円と概算できる（農薬工業会の各年次統計より）。

1-3 課題！ 化学農薬を持続して使っていくために

マーケティングで用いられる SWOT 分析の思考法を用いて、化学農薬が農業生産へ持続的に貢献するための課題を抽出した（図 1；山本、2012 を改編）。明らかになったのは、化学農薬に対する規制強化の影響で、登録のある農薬数が減少する傾向にあることが一点。それも原因の一つとなり、病害虫・雑草の薬剤抵抗性発達とその対策も課題である。

日本では後述のように、2018 年に農薬取締法の一部が改正され、農薬の再評価制度が導入されるのに加え、ミツバチや鳥類への影響評価も充実される。

薬剤抵抗性対策に関しては、2014～18 年に農水省委託プロジェクト研究「薬剤抵抗性管理技術の開発（略称）」が行われ抵抗性研究が進展した（農研機構、2019）。その後、農林害虫防除研究会に「殺虫剤抵抗性対策タスクフォース」が設立され、抵抗性研究も踏まえながら薬剤抵抗性管理・対策の普及を牽引している（山本・土井、2021）。

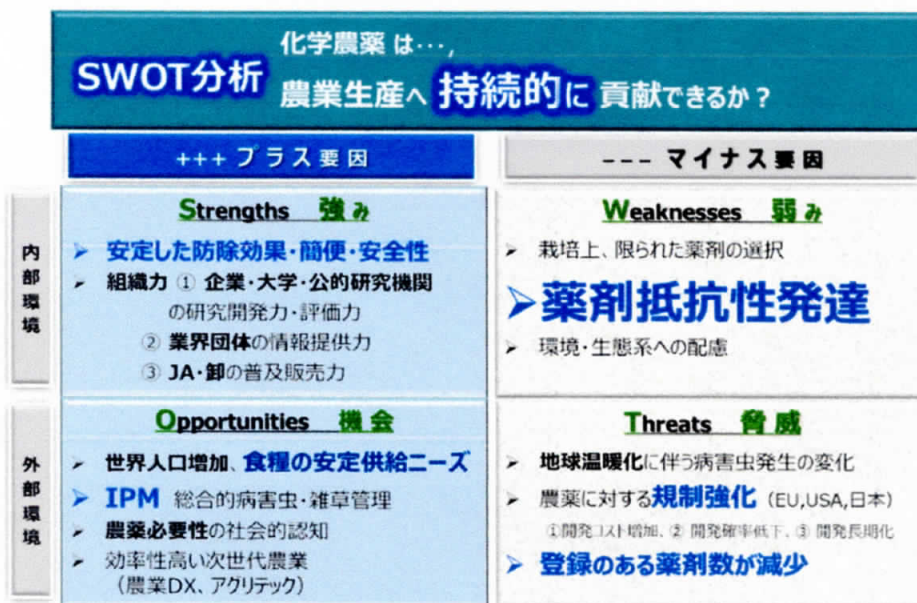


図 1 SWOT 分析「化学農薬のメリットと課題」 山本敦司(2012)を改編

1-4 有用昆虫の影響からみた殺虫剤の使用実態

2018年度の日本での殺虫剤の出荷金額は1301億円である（農薬要覧／日植防の解析：上山、2020）。その中で、ネオニコチノイド系（IRACコード：4A）、が266億円、有機リン系（1B）・カーバメート系（1A）が小計171億円、合成ピレスロイド系（3）が117億円である。これら4系統は、いわゆる天敵昆虫や送粉昆虫・ハチ類に影響ありとの注意事項が記載されている系統である。一方、この4系統は害虫防除の基幹剤であることに間違いはない（山本、2012；2017）。その合計約550億円は、全殺虫剤の約42%もの大きな占有率を示している。

後述する送粉昆虫に関する項目にも関連するが、この殺虫剤4系統の大きな普及販売量に比べ、ミツバチの農薬事故件数は必ずしも多いとは言えない。もちろん0件であることが望ましいが、2018年で21件に過ぎない（農林水産省の調査：元場、2020）。農薬による事故・被害の減少に向けた防止活動を、官民ともに精力的に行っている。例えば、農薬ラベル記載による管理、農業者・養蜂業者との情報共有、薬剤散布する時間帯の制限等（元場、2020）に加え、防除暦・防除基準での使用時期の注意喚起等があげられる。

II IPM（総合的病害虫・雑草管理）

IPMは、その難解な定義（農林水産省、2005）をかみ砕くと、次のように簡単に解釈できるだろう。「自然生態系に配慮しながら、さまざまな防除技術を駆使して病害虫・雑草を防除する考え方。そして、農作物の被害は、農業生産者が損しない程度に抑えられれば良い。病害虫・雑草たちと壮絶な戦いを繰り広げるのではなく、折り合いをつける防除法である。」

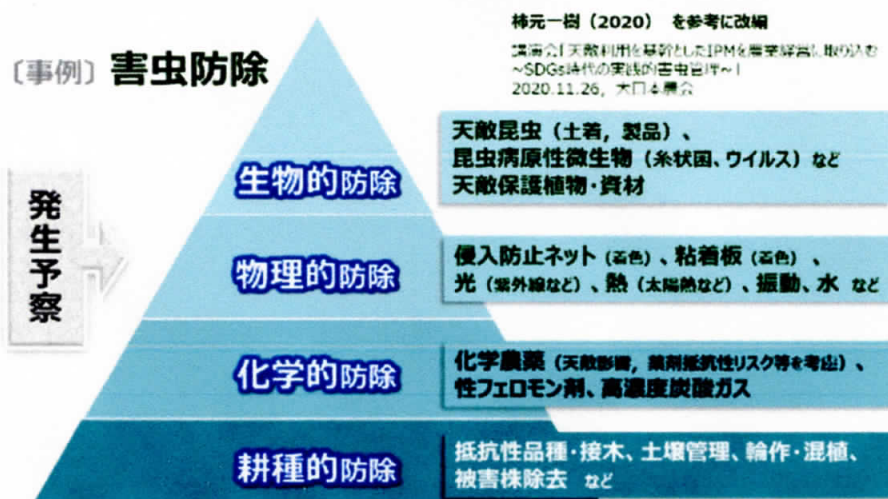


図2 IPM技術の4つの実践的階層 柿元一樹(2020)を参考に改編

2-1 IPMの4つの防除技術

IPMの実践指針は農林水産省(2005)により解説されている。それを踏まえ、柿元(2020)はIPM技術を駆使した害虫防除を、4階層のピラミッド型で分かりやすく示した(図2)。すなわち、耕種的、化学的、物理的および生物的防除である。これらは優劣があったり相反したりするのではない。

化学農薬もIPM技術の一つであり、薬剤抵抗性問題等で化学農薬がなくなると、防除そのものが崩壊するリスクも高まる。一方、化学農薬以外の防除を駆使して過剰な薬剤防除の回数を減らすことで、薬剤抵抗性発達を抑制できる。そのためにも、IPMの4つの技術を駆使し相互利用することが得策で、上手な防除につながる。

2-2 化学農薬以外のIPM技術の進展

総じて2000年以前は、化学農薬による防除が実質的に主体であった。化学農薬以外のIPM技術は、その基礎研究が1960年代から地道に行われてきた結果、詳細は割愛するが、2000年以降に開発・実用化がめざましく進み現在に至っている。

害虫防除でIPM技術、特に天敵昆虫がターゲットとしている害虫は、薬剤抵抗性リスクの高い害虫が多い。例えば、ハダニ類、アザミウマ類、コナジラミ類、アブラムシ類等である(山本・土井、2020)。IPM技術の研究は、主にこれらの害虫を対象として進展し実用化されている。ちなみに、第65回日本応用動物昆虫学会大会(2021年3月開催)でも、これらの害虫に対する生物的・物理的・耕種的防除の新技術や、薬剤抵抗性管理の新手法の報告があった。これらはIPM新技術・知見としてまとめ、別の機会に紹介したい。

2-3 天敵昆虫と化学農薬のコラボレーション

IPM技術の一つの生物的防除。その天敵昆虫の影響も考慮して化学農薬の登録を規制したらどうか、という提案を聞くこともある。この提案については、農業生産者にとって防除の成功や経済的なメリットがあるのかどうかも含め、客観的に考えていきたい。

一方、天敵昆虫を上手に働かせるために、化学農薬を適切なタイミングで併用することも推奨されている(桃下、2021)。ここで、害虫を防除するタイミングを考えてみよう。殺虫剤は駆除剤であり、一般的に害虫が発生してから処理しても大丈夫である。一方、天敵類は言わば予防剤。害虫が大発生する前に予防的タイミングで、天敵を放飼するのが推奨される。例えば、いわゆる「ゼロ放飼」法では、殺虫剤等であらかじめ害虫密度を低くしておいてから天敵放飼する。害虫発生が多い駆除的タイミングで天敵類を放飼しても、防除が失敗するリスクが高い。

しかし、注意すべき点がある。天敵昆虫や送粉昆虫のハチ類を利用する際には、化学農薬の影響の有無・強弱を調べないでやみくもに薬剤処理すると、必ず失敗する。都道府県の防除暦・防除基準に記載された情報や、日本生物防除協議会が発行する「天敵等に対する農薬の影響目安の一覧表」等を参考にすることは必須である。

以上のように、化学的防除と生物的防除はコラボレーションして使用するのが、上手な病害虫防除につながる。

Ⅲ ミツバチ等の送粉昆虫

3-1 送粉昆虫の経済的価値

露地・施設のミツバチやマルハナバチや、野生ハナバチ等の露地野生昆虫は、農作物の受粉の役割を担い収量増加・品質向上に貢献する。そして、この送粉昆虫なしには多くの野菜・果樹が減収する。

2013年の送粉サービスに関する試算によれば、送粉昆虫の農業生産額（耕種のみ）への貢献度は、8.3%の4731億円と報告された（小沼・大久保、2015）。これは、調査年次は異なるが、先に述べた農薬の貢献度「6.2%」よりもやや大きい。

この試算で、産業養蜂種のセイヨウミツバチは約1000億円、マルハナバチは約53億円の貢献金額である。さらに興味深いのは、産業養蜂種のハチ類に比べて、露地野生送粉昆虫の貢献が3330億円と高いことである。最近の事例では、福島県りんご園での2020年の調査で（吉田ら、2021）、人工授粉や放飼昆虫（ミツバチ、マメコバチ）を用いずに、野生訪花昆虫を利用する自然受粉園での訪花昆虫相が調査された。主にヒメハナバチ科のハチ目、コウチュウ目、およびハエ目であった。

さらに、日本の施設栽培ではセイヨウミツバチやマルハナバチに加え、ヒロズキンバエ（西本ら、2019）の利用も進んでいる。上手な病害虫防除を行う上では、防除技術だけでなく、経済的価値のある送粉昆虫を保護し活かすこともあらためて考えたい。

3-2 日本のミツバチ事情

近年、受粉用ミツバチの需給が逼迫していると報道されている（日本農業新聞など）。玉川大学名誉教授の佐々木（2019）、は、ミツバチサミット2019のシンポジウム講演において、在来種ニホンミツバチと産業養蜂用の外来種セイヨウミツバチの現状について概観した。ここに論旨の一部を要約して引用する。「セイヨウミツバチは1877年の導入後増加したものの減少に転じ、現在でも健康的とはいえない状況が続いている。農業をはじめとする諸ストレスで免疫力が落ち、ミツバチヘギタダニ媒介のウイルス病などが発症しやすくなっているとも考えられる。ただしその因果関係はまだよくわかっていない。一方、多様で十分な蜜・花粉源があり、ストレスの少ない環境さえ確保されていれば、十分健康は保たれるであろう。蜜源植物の栽培面積に限っていえば（農水省公表の養蜂資料）、1970年前後の半減以降も減少の一途であり、ナタネとレンゲの減少が大きい。」

一方、農業の影響は限定的であるかも知れないとの考えもある。先述のように、ネオニコチノイド系（IRAC 4A）などのハチ類に影響のある殺虫剤の使用が多いにも関わらず、2010年以降は、日本のミツバチ蜂群数はやや増加傾向にあるのも事実である（元場、2019）。

3-3 改正農薬取締法、特にミツバチ影響評価

2018年6月に農薬取締法の一部が改正された。農薬の再評価制度の導入と共に、農薬使用者やミツバチへの影響評価、環境への影響評価など、農薬の安全性に関する審査が充実された。

ミツバチへの影響評価は、農薬の使用現場を反映した評価方法でより充実化される（農林水産省、2020）。ミツバチが農薬にふれる（暴露する）には2つのケースがある。①働きバチが作物を訪花したときに農薬散布があり、直接浴びたり、農薬を浴びた花粉・花蜜を食べたりするケース。②農薬を含む花粉・花蜜を働きバチが巣に持ち帰り、女王や幼虫を含む他のハチが食べるケース。これまでは、①のケースを想定して、例えば殺虫試験等のミツバチに対する毒性の強さのみによる評価が行われてきた。今後は①に加え、②も想定して農薬使用現場の実態を反映したリスク評価が行われる。農薬による被害軽減対策の推進等、農業生産者にメリットのある施策に貢献して欲しい。

3-4 蜜源植物の保全

佐々木（2019）が指摘するように、蜜源植物・作物（生息環境）の保全や拡充も、ミツバチや野生露地昆虫の保護し減少をくい止めるための根本的な課題と考える。農研機構による最近の興味深い研究がある（Okubo et al., 2021）。セイヨウミツバチの養蜂場近くにシロガラシの花畑を用意することで、夏季の餌不足を解消することができた。その効果が奏して、夏季に作物や農地周辺の雑草を訪花して起こる、殺虫剤使用に伴う被害を軽減できることも明らかにした。このように、送粉昆虫の生息場所を保全するために、荒廃農地を花畑に利用する研究や、その施策と普及の重みが増すと考えられる。

3-5 化学農薬と送粉昆虫のメリットを活かす

化学農薬とミツバチ等の送粉昆虫等の経済的メリットのある目的をともに活かすことは、農業生産性の向上につながる。送粉昆虫は作物の受粉の効率化・安定化を目的として、化学農薬は病害虫・雑草防除の効率化を目的として、それぞれ利用されている。そのため、両者の接点をできるだけ避けて、両者のメリットを活かすことが得策である。

化学農薬は、使用規制よりも、使用の適正化を工夫することが解決策となる。すなわち、薬剤の使用時期・タイミング、使用回数、使用薬剤の種類や剤型等を考えて、いわば「有用昆虫へ影響の少ない上手な使い方」を防除暦等で普及することが大切である。

IV 防除暦

4-1 防除暦に記載される有用昆虫への注意事項

防除暦や栽培暦は、農業生産者にメリットがある栽培・防除技術マニュアルである。さまざまな作物で主要産地の都道府県普及所やJA等が作成する。この中に記載されるのは、栽培時期ごとの防除する病害虫・雑草とその防除薬剤や防除技術とその使用方法・注意事項等である。注意事項等には、送粉昆虫（特にハチ類）や天敵昆虫等の有用昆虫の使用時期や、農薬影響も記載されていることが多い。

防除暦はさまざまなタイプがあり、目的とする特徴を有する。例えば、同じいちごでも、化学農薬に頼らない天敵昆虫などのIPM技術を主体にしたもの（宮城県）や、化学農薬と天敵昆虫製剤のメリットを相互利用する防除暦（アリストライフサイエンス社）もある。

4-2 送粉昆虫の利用を考慮した防除暦の考え方

送粉昆虫の利用を考慮すると、例えばハチ類に影響の少ない防除暦の考え方は、大まかに2つのケースがある。まず、①りんご等の露地果樹類のケース。開花時期は年1回で、この時期に発生する害虫の種類も少ない。りんごの例ではハマキムシ類に限られる。そのため一般的にマメコバチ類に影響の少ない薬剤（例えば、BT剤やIGR剤）を選びやすい。

次に、②いちご等の施設作物のケース。栽培期間・開花時期も長く、加えて発生する害虫種も多い。例えば、ハダニ類、アザミウマ類、アブラムシ類、コナジラミ類等の薬剤抵抗性が問題となる害虫等が期間を通して発生する。このケースでは、ハチ類に影響の少ない薬剤は限定的となってしまう、必ずしも多くは無い。すなわち、登録農薬はたくさんあるが、実際に使える薬剤は思ったよりも多くないのである（山本、2017）。したがって、天敵昆虫や物理的防除剤等のIPM技術の駆使が必要となる。

V IPMベースの薬剤抵抗性管理

5-1 薬剤抵抗性の発達とは

薬剤抵抗性発達が問題となるのは、薬剤の使い方の失敗（ヒューマンエラー）だけでなく、農薬の規制強化による登録薬剤数の減少も一因である。ここで薬剤抵抗性の定義を、本質から外れないように分かりやすく説明する。「薬剤抵抗性とは、病害虫に対してうっかりと“適切でない方法”で同じ系統の薬剤を繰り返し使い続けてしまうと、これまで有効であった登録薬量・濃度で防除できなくなることであり、やっかいなことに病害虫の次の世代へ“遺伝して”伝わってしまう現象である」（山本、2019b）。

5-2 薬剤抵抗性管理は、IPMの一環

農業生産には、図3に示すさまざまな管理体系が関わる（山本、2019b）。化学的防除はIPMの技術の一つなので（農林水産省、2005）、薬剤抵抗性管理はIPMの管理体系の一環

でもある。いわば、IPM ベースの薬剤抵抗性管理といえる。

図 4 に薬剤抵抗性管理を構成する要素をまとめた（山本, 2019b ; 2020）。“薬剤抵抗性管理”とは、薬剤抵抗性発達を遅らせるための大きな「戦略」、すなわち大作戦である。そして、“抵抗性対策ツール”という様々な「武器」を活用して、“抵抗性対策”という「戦術」、すなわち適切な薬剤の使用方法で難敵・抵抗性病害虫を制御し折り合いをつける。抵抗性対策ツールをより多く準備して、薬剤処理をいかに正しく適切に実施できるかがポイントである。この図 4 にもあるように、IPM は重要な武器と戦術の要素である。



図 3 農業生産に関わる管理体系

山本敦司(2019b)を改編

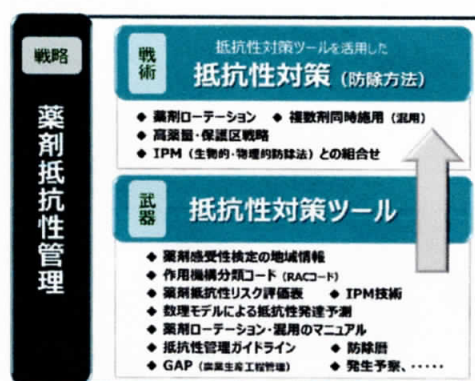


図 4 薬剤抵抗性管理を構成する要素

山本敦司(2019b, 2020)

5-3 IPM 技術の活用は殺虫剤抵抗性リスクを軽減する

薬剤防除する前に、抵抗性リスクをあらかじめ知っておきたい。そこで、殺虫剤抵抗性発達のリスクを客観的に点数化して予測するツール、「殺虫剤抵抗性リスク評価表」が、農林害虫防除研究会の HP (<http://agroipm.org/>) で 2020 年に公開された（山本・土井, 2021）。その評価基準では、IPM 技術を駆使すると抵抗性リスクの点数が軽減できるとされている。そのため、推奨する抵抗対策の一つとして IPM 技術の駆使が明記されている。その理由の一つには、不必要な薬剤処理を減らすだけでなく、先述のように抵抗性リスクの高い害虫は、天敵昆虫がターゲットとしている害虫が含まれているからである。

おわりに

IPM と薬剤抵抗性対策を踏まえた上手な病害虫防除のために、大切な点を簡潔にまとめる。

- ① 化学農薬とハチ類等の送粉昆虫の利点を活用し、かつ被害回避するために、両者の接点を避ける使用方法を考えて薬剤処理を行う。
- ② 天敵昆虫の利用した防除は、化学農薬の併用・補完で効率的となる。
- ③ 化学農薬の天敵類・送粉昆虫への影響の程度を知らないと、防除の失敗につながる。

- ④ 化学農薬の薬剤抵抗性対策には、天敵昆虫を含めた IPM 技術の駆使が得策である。
- ⑤ 防除暦（栽培暦）・防除基準を活用し、IPM と薬剤抵抗性対策を考えた防除を行う。

付録：薬剤抵抗性対策についての動画講演をインターネットで無料配信中！

アグリジャーナル「農業のオンライン展示会」のカンファレンスのコーナーで、2020 年 12 月から、動画講演をインターネットで配信中。ご興味あれば、アクセスを。

演題 「農業に強い病害虫を増やさない防除！」

（前編）薬剤防除の基本（約 30 分）

<https://expo.agrijournal.jp/conference/pestcontrol/>

（後編）みんなが得する薬剤抵抗性対策（約 30 分）

<https://expo.agrijournal.jp/conference/pestcontrol2/>

引用文献（URL を省略している文献もあり）

柿元一樹（2020）大日本農会、講演会 2020.11.26、講演資料。

「天敵利用を基幹とした IPM を農業経営に取り込む、SDGs 時代の実践的害虫管理」

小沼明弘・大久保悟（2015）日本生態学会誌 65, 217-226.

桃下光敏（2021）技術と普及 58, 40-46.

元場一彦（2019）日植防シンポジウム（2019/9/20 開催）講演要旨, 61-73.

元場一彦（2020）植物防疫 74(1), 53-57.

西本登志ら（2019）奈良県農業研究開発センター研究報告, 50, 1-10.

農研機構（2019）薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案。

農林水産省（2005）総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針。

農林水産省（2020）農業に関するよくある質問。

<https://www.maff.go.jp/j/nouyaku/attach/pdf/index-3.pdf>

農林水産省（2021）みどりの食料システム戦略。

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/team1.html>

Okubo, S. et al. (2021) Appl Entomol Zool.

<https://doi.org/10.1007/s13355-021-00727-9>

佐々木正己（2019）Bee Summit 2019 Special Book, 4-5.

上山功夫（2020）農薬出荷統計からみた日本農薬市場 2020.

山本敦司（2012）日本農薬学会誌 37, 392-398.

山本敦司（2017）植物防疫 71(5), 337-346.

山本敦司（2019a）Bee Summit 2019 Special Book, 33.

山本敦司（2019b）植物防疫 73(12), 766-773.

山本敦司（2020）関東東山病害虫研究会報 67, 1-8.

山本敦司・土井誠（2021）植物防疫 75(1), 16-24.

吉田昴樹ら（2021）第 56 回応動昆大会講演要旨, C116,31.

施設栽培利用できるアブラムシ類天敵製剤の開発と利用法について

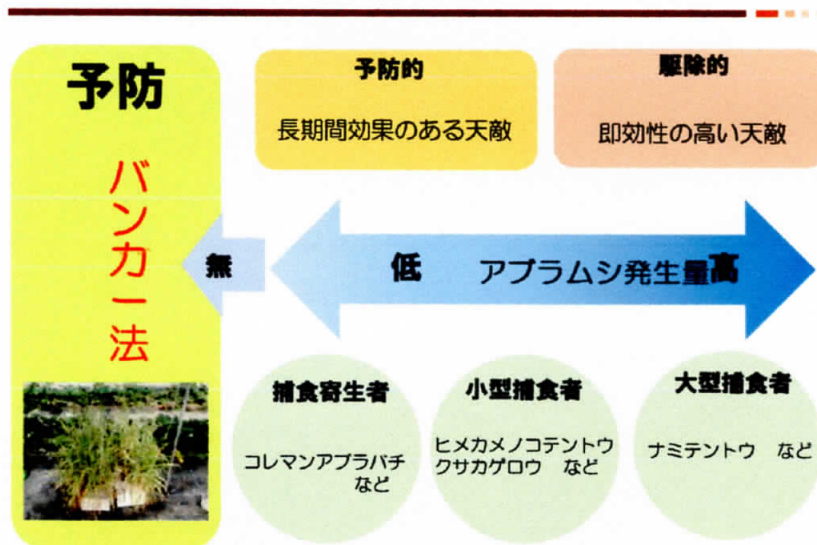
小原 慎司 (株)アグリ総研

はじめに

これまでのアブラムシ防除は、アザミウマ類やハダニ類などの防除に用いられてきた対象範囲の広い殺虫剤の副次的効果で、同時・無意識的に行われてきた。しかし、減農薬栽培や天敵利用のため対象範囲の狭い選択的殺虫剤を使用するようになると、これまで同時防除されていたアブラムシ類が顕在化し始めた。

現在、アブラムシ類の防除については様々な方法が検討・開発されており、その一つに天敵生物の利用が挙げられる。天敵を利用したアブラムシ防除は、圃場内の発生量に応じて天敵種を選択することが重要である。発生量が少ない場合は捕食寄生性天敵であるコレマンアブラバチ等を利用し、発生量が多い場合はナミテントウなどの捕食性天敵を導入することで高い防除効果を発揮する。しかしながら、圃場内のアブラムシ発生量を判断することは容易ではなく、発生量を見誤るとアブラムシの天敵生物の効果は期待できなくなる。

天敵によるアブラムシ防除の基本的な考え方



バンカー法について

天敵生物と、栽培作物に加害しないかつ天敵が寄生できる昆虫（天敵の代替餌）とその昆虫が増殖できる植物（バンカー植物）を、作物に害虫が発生する前から施設内に設置することで、施設内で天敵を増殖・維持できるシステムであり、作物の害虫が侵入すると同時に天敵が即座に対処できる方法であり、圃場内の害虫発生量調査を行わなくても、天敵を有効に安定して効果が得られる技術である。

施設内で天敵を増殖・維持できるため長期間害虫防除効果を維持できることから、非常に有効な天敵利用方法であるが、現在までに広く普及には至っていない。理由としては、バンカー法を始めるまでの準備や維持管理が利用者にとって大きな負担となるからである。



次世代バンカーの開発

そこで、農林水産業・食品産業科学技術推進事業発展融合ステージ「施設園芸害虫アブラムシに対する基盤的防除のための次世代型バンカー資材キットの開発」および農研機構正教支援センターイノベーション創出強化研究指針事業「次世代型バンカー資材キットによるアブラムシ類基盤的防除技術の実証・普及」にて、誰でも手軽にいつでもバンカできる資材開発を行った。今回は本研究課題で開発した4つの資材を紹介する。

事業内で開発された次世代型バンカー資材

1. コレマンアブラバチ、ナケルクロアブラバチ混合剤



コレマンアブラバチ+ナケルクロアブラバチ

2. 代替餌付きバンカー



代替餌 (トウモロコシアブラムシ)

3. 簡易給水装置



バンカー植物を簡単に管理

4. バンカー型剤



マミー+代替餌のセット

1) コレマンアブラバチ、ナケルクロアブラバチ混合剤

ワタアブラムシやモモアカアブラムシに優れた防除効果を持つコレマンアブラバチと、広い機種範囲を持ちヒゲナガアブラムシ類へも寄生できるナケルクロアブラバチを混合した生物農薬である。本剤は、1頭/m²にて使用することで施設のアブラムシ類への高い防除効果が得られることも確認できた。

2) 代替餌付きバンカー

ジフィーポットに麦を発芽させ、天敵の代替餌としてトウモロコシアブラムシを寄生させた状態のものを商品化した。先に述べたアブラバチ混合剤と併用することで、すぐにバンカー法を実践できるようになった。また、代替餌アブラムシであるトウモロコシアブラムシは、葉の巻き込みに侵入することができ、天敵寄生蜂の攻撃を回避できるため、代替餌アブラムシを追加導入する必要がなくなった。

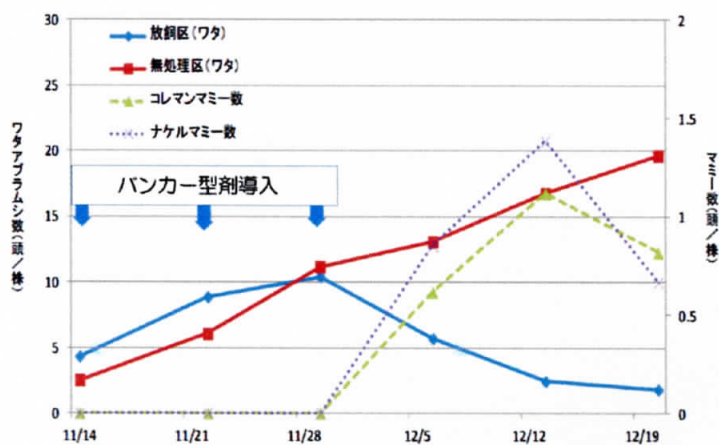
3) 簡易給水装置

バンカー法の面倒ごとであった灌水を容易に行える給水装置を商品化した。パッシブ水耕式を採用しており、タンク内に液肥が充填されている限り毎日灌水する作業は必要なくなった。液肥残量確認マーカーも付属しているため、容易に液肥残量を確認できるようになっている。

4) バンカー型剤

最後に先に紹介した「代替餌付きバンカー」へ、コレマンアブラバチとナケルクロアブラバチのマミーを付着させた生物農薬である。

これまでバンカー法を簡単に利用できるように資材の開発を進めてきたが、混合天敵製剤と代替餌つきバンカー植物これら個別に用意しなくてはならない。そこで、天敵の国内増殖施設をもつ弊社の特性を生かし、天敵、バンカー植物、代替餌が一体となった製剤を開発した。本剤を圃場内にセットするだけで、麦、代替餌アブラムシ、2種類の天敵寄生蜂がセットになっており、これを圃場内に設置するだけでバンカー法を実践できる仕組みにした。



バンカー型剤放飼区と無放飼区における株あたりのワタアブラムシ数

さいごに

今回開発した資材は、これまでバンカー法が普及しなかった大きな原因である準備・維持・管理に労力がかかるという問題を解決できるものとなった。今後は、本技術をアブラムシ防除の主流をなるよう普及啓蒙していきたい。

なお、代替餌付きバンカーと簡易給水装置は、楽天市場内の「むし工房」にて販売中である。アブラバチ混合剤とバンカー型剤については現在農薬登録申請準備中である。農薬登録取得後速やかに上市する計画である。

生物的防除部会

2021年度 第1回オンライン講演会のお知らせ

下記のとおり生物的防除部会 2021年度第1回講演会を下記の通り開催いたします。
会員の皆様はじめ多くの方がご参加くださいますようお願い致します。

記

日時：2021年6月15日(火) 午後13時00分～16時00分

演題1 「生物的防除部は昨今産地でどのように評価されているのか」

柿元 一樹 氏 (株)Field Styled Lab 13:00 ~ 13:45

< 講演要旨 >

FAOがIPM(総合的病害虫・雑草管理)の考え方を明確に定義してから約半世紀が経つ。IPMの一翼を担う生物的防除の中でも、天敵昆虫・ダニを利用した害虫防除技術は、長年の基礎研究の積み上げや産地での試行錯誤がようやく実を結び、ここ十数年で飛躍的に普及した。果菜類を中心とした施設園芸では、アザミウマ類、コナジラミ類、ハダニ類に対して広食性カブリダニ類をベースとしながら、複数の天敵を組み合わせる体系が一般化しつつある。また、アブラムシ類に対するバンカー法も少しずつ普及を始めている。施設での生物的防除の普及が契機となり、鹿児島県では生物的防除が導入されている露地野菜もある。では、生物的防除は実際の生産現場ではどのように評価され、取り入れられているのか。演者が長年携わってきた鹿児島県における事例を中心に紹介させていただく。

演題2 「二次植物栽植によるタマネギおよびキャベツ害虫の抑制効果」

関根 崇行 氏 宮城県農業・園芸総合研究所 13:45 ~ 14:30

< 講演要旨 >

演者らはこれまでにタマネギおよびキャベツ圃場に大麦を間作することで、複数の害虫種が抑制できることを示した。宮城県では農研機構とともに「天敵温存植物・間作を利用した土着天敵保護強化による露地野菜害虫防除技術の開発(平成30~令和2年度)」に取り組んできた。本事業では大麦の間作に加え、開花植物を圃場周辺へ栽植することで、土着天敵の機能をより積極的に活用し害虫を抑制することを目的とした。その結果、ネギアザミウマ、アブラムシ類を初めとした複数害虫種に対し、大麦間作のみの導入よりもさらに高い抑制効果が認められた。本講演では、その抑制効果と有望な天敵種、利用上の注意点や今後の展望などを紹介する。

演題3 「環境に配慮した有害線虫の効果的防除技術の開発」

奈良部 孝 氏 北海道農業研究センター 14:30 ~ 15:15

< 講演要旨 >

植物寄生性線虫は寄主植物から効率的に栄養を摂取し子孫を残すため、種に応じた生理的・生態的進化を遂げている。先駆者達はそれら特性を究明する過程で、防除に生かせる特性(弱点)を見出し、実際の防除法開発につなげてきた。本講演では、これまで演者の携わった研究事例から、わが国の代表的な植物寄生性線虫と防除資材の組み合わせによって、化学農薬に頼らず線虫制御に成功した事例を紹介する。主な事例は、ネコブセンチュウー天敵細菌、ネグサレセンチュウー対抗植物、ジャガイモシストセンチュウー抵抗性品種・捕獲作物・ふ化促進物質、など。実証試験で想定通り(想定以上!)の防除効果が得られた瞬間の、研究の醍醐味を皆様と共有したい。

演題 4 「バイオスティミュラントの EU、EPAでの法制化の現状などについて」

和田 哲夫 氏 生物的防除部会 副会長 15:15 ~ 16:00

< 講演要旨 >

2019年、EUにおいてバイオスティミュラントが、新肥料法によりカバーされるといが確定した。概略は昨年発表されているが、詳細については現時点では明らかにはなっていない。一方で、米国 EPA, USDA は、バイオスティミュラントと米国農薬取締法である FIFRA においてカバーされる PGR とそれ以外のバイオスティミュラントについての効能の表現について、細目を発表し、昨年パブリックオピニオンを問うている。

日本では、日本バイオスティミュラント協議会が 2019 年に発足し、その会員数は毎年増加しており、協議会として、日本でのバイオスティミュラントの規格、表現、などについて、一定の指針をだすべく活動中であり現状を報告する

< オンライン講演会参加 申し込み要領 >

講演会への参加を希望される方は、以下の URL もしくは当会 HP(「生物的防除部会」で検索)より参加申込フォームにアクセスし、お名前とメールアドレスをご入力の上送信してください。後日、Zoom の接続情報をお知らせします。

<https://forms.gle/7KhWoQgmmacHziEp6>