



生物的防除部会ニュース No. 78

2023年4月10日発行

目 次

1. 「岐阜県における化学農薬削減に対する取り組み」
杖田 浩二 氏 岐阜県農業技術センター 1 頁
2. 「ナシ害虫の防除、主に株元草生によるハダニ類防除について」
中井 善太 氏 千葉県山武農業事務所 6 頁
3. 「BT 剤の家庭園芸への応用」
勝本 俊行 氏 住友化学園芸(株) 研究開発部
製品開発センター 11 頁

岐阜県における化学農薬削減に対する取り組み

岐阜県農業技術センター病理昆虫部 杖田浩二

1 岐阜県農業の概要と当部の役割

岐阜県では、豊かな気候風土と大消費地に比較的近い立地条件を生かし、多種多様な農作物が栽培されている。岐阜県農業基本計画（令和3～7年）には、主要19品目（内農産物は12品目）について、現状と課題、今後の方針について示されている。「トマト」、「ホウレンソウ」、「エダマメ」、「イチゴ」、「カキ」、「クリ」などの主要農産物では、生産・販売の振興のみならず、GAPの推進、輸出振興、担い手育成等多岐にわたる支援に取り組んでいる。多様な農作物を栽培するため、問題となる病害虫も多岐にわたる。当センターでは、主要品目で問題となる病害虫を主に、防除技術の確立および体系化を中心に研究を行っている。特にカキとトマトの病害虫防除に関する研究の歴史は長く、化学農薬に代わる防除技術の研究・開発について長年取り組んできた。今回は、カキとトマトで問題となる害虫を中心に、研究の一部とその成果について紹介する。

2 カキ害虫防除

岐阜県は、カキの生産量が第4位（令和2年）の主要生産県である。甘ガキの代表品種である「富有」の発祥地でもあり、当県のカキは「富有」をはじめとする甘ガキが大半を占める品種構成が特徴となっている。

カキに発生する害虫は226種が報告されており（日本応用動物昆虫学会，2006）、甘ガキは渋ガキよりも害虫が発生しやすいとされている。当県では、深刻な経済被害を出すことや、防除が困難であることから、カキノヘタムシガ、フジコナカイガラムシ、チャノコカクモンハマキとチャハマキを主とするハマキムシ類、ヒメコスカシバを主とする樹幹害虫類、チャバネアオカメムシを主とする果樹カメムシ類を、カキの重要害虫と位置づけ、防除に関する研究に取り組んできた。

カキの病害虫防除は、化学農薬に強く依存する。一方、果樹園の農薬散布にはスピードスプレーヤが用いられ、農薬の目的外飛散が大きな問題となっている。そのような中、当センターでは殺虫剤による防除適期の解析、農薬飛散を抑えた防除技術の開発などに取り組んできた。中でも、性フェロモンによる交信攪乱剤の開発およびその利用法について研究を重ねてきた。

2-1 交信攪乱剤ヘタムシコンの開発

カキノヘタムシガは、幼虫がカキの果実に食入し、落果させる重要害虫である（図1）。その脅威は古くから知られており、石原（1948）は「柿害蟲中最も恐るべきものと謂うべきである。」と指摘している。1頭の幼虫が数個の果実を加害するので、発生量が少なくても被害は深刻化する傾向にあり、無防除では収穫皆無になることもある。



図1 カキノヘタムシガの被害果
果梗付近から虫糞が噴出する（矢印）。
果実はその後、ヘタを残して落下する。

幼虫は植物内部に潜入している期間が長いため、防除適期は短いうえ、十分な効果が得られないことも多く、殺虫剤による防除が困難な害虫である。

そのような中、岐阜大学は本虫の性フェロモンが (4E,6Z)-4,6-hexadecadienyl acetate を主成分とし、(4E,6Z)-4,6-hexadecadienal および (4E,6Z)-4,6-hexadecadienylol を微量成分とする 3 成分から構成されることを明らかにした (Naka et al., 2003)。これをきっかけに、岐阜大学、東京農工大、信越化学株式会社などと共同研究に取り組み、新規交信攪乱剤「ヘタムシコン」を開発した (図 2)。

ヘタムシコンは、徐放性を持つポリエチレンチューブにフェロモン成分を充填した製剤 (ディスペンサー) で、10a 当たり 100 本のディスペンサーを、地上 1.5m 程度の高さで圃場内に均等に設置する。成虫発生前の 5 月上旬に設置することで、年 2 回発生する本虫の被害を抑制できる (図 3)。



図 2 ヘタムシコン ディスペンサー100本 (10a分) 入り

本剤を設置するだけで慣行防除と同等以上の防除効果を得られることから、少発生圃場では本虫を対象に実施される 2 回の薬剤散布を削除できる。当県では、登録初年度 (平成 26 年) に 70ha 近い面積で利用され、各産地の防除暦に採用された。生産者や普及指導者からは、良好な回答を得た。

残念ながらヘタムシコンは、原材料調達の問題から令和 3 年に生産中止となった。研究開始から販売まで 15 年以上を要したうえ、今でも全国から入手について問い合わせが届く。今回の生産中止は無念でならない。

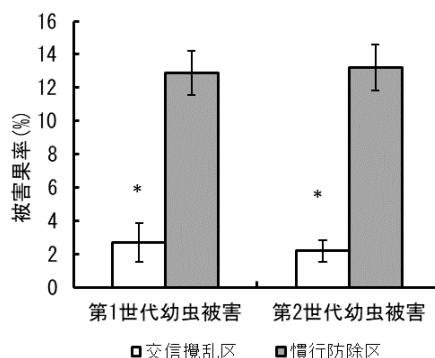


図 3 ヘタムシコンによる防除効果
*は両区間に有意差があることを示す (χ^2 検定, $\alpha 0.05$)。

2- (2) フジコナ MD (仮称) の開発

フジコナカイガラムシは、果実とヘタの間などに侵入・繁殖し、吸汁する害虫である。排せつ物に起因するすす病や、加害部が赤変する火ぶくれ症などにより果実品質を著しく低下させる (図 4)。多くのカイガラムシ類と同様、顕著な性的二形を示す。雌成虫は翅を欠き、幼虫と大差ない形態をしているが、雄成虫は翅をもち飛翔による移動が可能である。繁殖力が高いうえ、散布した薬液が到達しにくいこと、防除適期の把握が困難なことなどから、難防除害虫とされている。



図 4 フジコナカイガラムシの被害果とメス成虫 (左下)

本虫の性フェロモンは、福岡県などにより同定された (Sugie et al., 2008)。その後、福岡県や島根県などと交信かく乱技術について共同研究を進め、現在試作ディスペンサーの効果確認まで完了している。試作ディスペンサーは、10a 当たり 50~100 本を、均等に設置する。4 月上旬に設置すれば、栽培終了まで効果は持続し、年 3 回程度発生する成虫の交尾を阻害する。メス成虫は移動能力が乏しいため、交尾阻害効果は極めて高い。多発

圃場においても、本剤を設置することで、被害を著しく減少させることを確認している(図5)。さらに、本剤は2a程度の小さな圃場でも効果を得られることを確認した(杖田, 2017)。これまで、交信攪乱剤は、その性質上広い面積で使用しないと効果を得にくいとされていた。本剤は、これまでにない画期的な交信攪乱剤であると確信している。

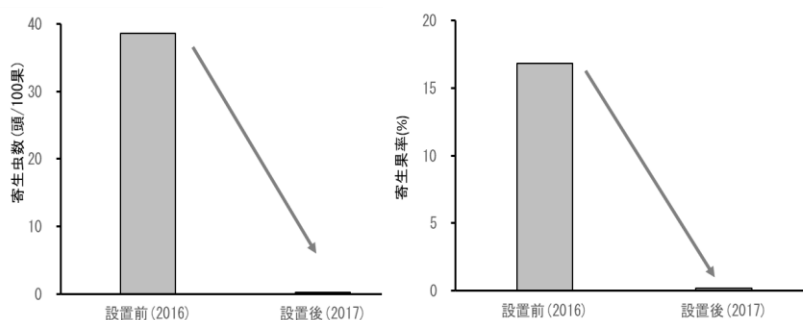


図5 同一圃場におけるフジコナMDの防除効果
調査日：2016年10月12日、2017年10月19日、5樹につき樹当たり100果の寄生虫数および寄生果数を調査した。ディスペンサー設置本数は、50本/10a。

本剤は、農薬登録取得に向け準備中である。福岡県、島根県と協力して実用化試験に取り組み、登録に必要な試験例数は2016年に充足している。しかし、2023年3月時点で農薬登録に向けた本申請はなされておらず、登録取得の目途はたっていない。1日でも早く農薬登録を取得し、現地で利用できる日が来ることを切望する。

3 トマト害虫防除

岐阜県のトマトは、生産量は全国7位(令和2年)で、冷涼地での夏秋トマト産地と平坦地の冬春トマト産地をリレーすることで、1年を通じた生産・出荷を実現している。いずれの産地においても、害虫防除は侵入対策を主とするIPM(総合的病害虫管理)で取り組まれている。特に冬春トマト産地では、タバココナジラミが媒介するトマト黄化葉巻病が2001年に初確認されたことから、タバココナジラミの侵入対策を中心とする防除技術が、産地全体に徹底されている。

3-1(1) 冬春トマト産地におけるタバココナジラミ対策と現状

当県の冬春トマト産地では、施設の側窓や天窗を含む全ての開口部に、微細な目合い(0.4mm以下)の防虫ネットを展張することが徹底されている。加えて、側窓付近に設置した黄色粘着ロールによる捕殺、入口を2重にすることで物や人の移動に伴う侵入阻止に取り組む施設もある。また、トマトの生長点付近に黄色粘着板を1~1.5m間隔で設置し、施設内に侵入したタバココナジラミを捕殺している(図6)。2006年には産地内ほぼすべての施設で微細防虫ネットが設置され、その他にも工夫を凝らした様々な対策がなされている。それに伴い、産地内ほぼ全戸で深刻な被害を出していたトマト黄化葉巻病は沈静化した。現在、微細防虫ネットの施設設置率は100%、トマト黄化葉巻病の発生圃場率は30%、発病株率は平均0.1~0.2%に抑制できており、経営にほぼ影響しない水準で管理できている(2016年、西濃農林事務所調べ)。また当県は、冬春トマトの栽培、経営等の研修を行う就農支援センターを建設し、新規就農希望者の育成と就農までの支援にも取り組んでいる。タバココナジラミを主とする害虫の侵入対策とその重要性は、研修項目に盛

り込まれており、防除に対する高い意識の醸成に寄与している。

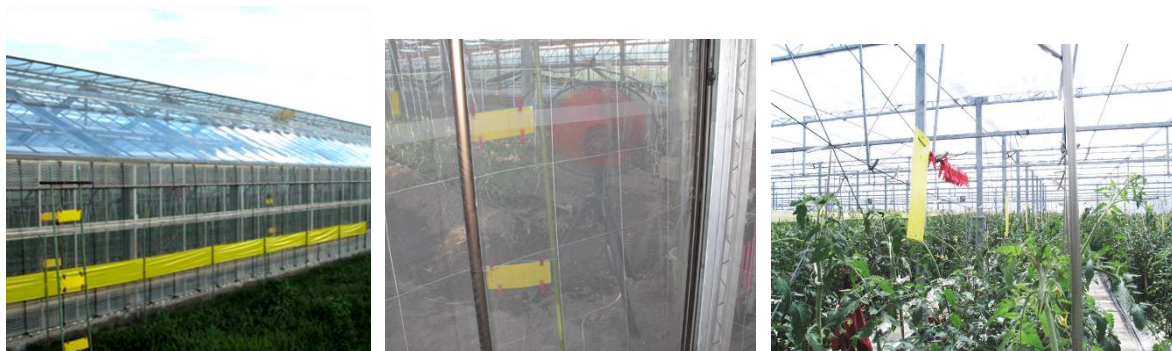


図6 冬春トマト施設におけるタバコナジラミ対策
左：開口部に防虫ネット（目合い0.4mm）と黄色粘着ロール設置
中：2重入口と外側に向けた送風機設置
右：施設内に設置した黄色粘着板

3-（2）気門封鎖剤の新たな機能とその利用

侵入対策が徹底される一方、施設内に侵入したタバコナジラミの防除は、化学農薬に強く依存している。そこで、化学農薬に代わる防除として、気門封鎖剤に注目し、新たな利用法を検討した。気門封鎖剤は、虫体を被覆することで気門を封鎖し、窒息死させる殺虫剤である。気門封鎖剤の有効成分は、油脂、でんぷん、界面活性剤など多様であるが、作用は同じと考えられている。気門封鎖剤は、使用回数に制限がないといった長所もあるが、虫の体に薬液が直接かからないと効果がない、残効が短い、といった点が短所と考えられている。

このたび、油脂を有効成分とする気門封鎖剤（脂肪酸グリセリド乳剤、調合油乳剤等、以下油脂系気門封鎖剤）は、タバコナジラミの定位行動および正常な交尾行動を阻害する効果を持つことを明らかにした（杖田，2019）。規定濃度に希釈した油脂系気門封鎖剤をトマトに散布すると、葉に定位するタバコナジラミ成虫が減少し、それに伴い産卵数も減少した（図7）。タバコナジラミは一連の求愛行動において、雌雄の成虫が並んで定位するが、2頭以上の成虫が並んで定位する数（ペア数）も減少した。油脂系気門封鎖剤を散布したトマト葉に未交尾のタバコナジラミ成虫を放虫し、産下卵を飼育すると、雄成虫しか出現しなかった（タバコナジラミは半数倍数性のため、未受精卵は雄になる）。これらの効果は、少なくとも散布5日後まで持続することが確認され、1週間間

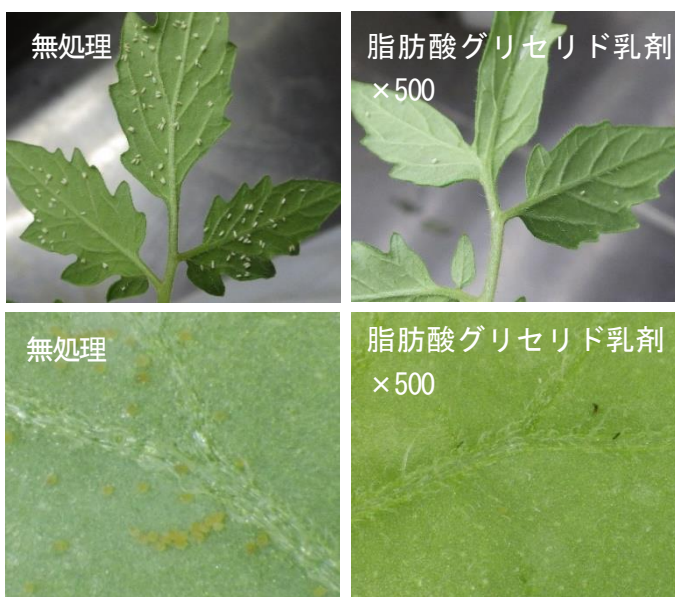


図7 葉に定位するタバコナジラミ成虫と産下卵の比較
供試苗をタバコナジラミの大量飼育室に入れ、6日後調査
上2枚：定位成虫、下2枚：産下卵

隔の予防散布によりタバコナジラミの発生量を少なく維持できた（図8）。

油脂系気門封鎖剤は、虫害だけでなく、病害にも効果を有することも明らかにした（杖田，2020）。前述した定位阻害効果から、タバコナジラミが媒介するトマト黄化葉巻病の発病を抑制することは予想されたが、予防的に散布することで葉かび病やすすかび病に対する防除効果も確認された（図9）。油脂系気門封鎖剤は、うどんこ病とトマトサビダニに対する登録を持つ。したがって、本剤を栽培初期から定期的に散布することで、様々なトマト主要病害虫の発生を抑制でき、化学農薬の使用回数を大幅に減少できると考えられた。

近年、殺虫剤に対する感受性の低下した害虫や、殺菌剤に対する耐性菌の出現が大きな問題となっている。さらに、「みどりの食料システム戦略」の策定に伴い、化学農薬に代わる防除技術の開発、体系化は喫緊の課題であると考えている。今後の病害虫防除において、環境制御と省力化がカギになると考えている。これまでの成果を含め、当県はトマトを中心に病害虫が発生しにくい環境整備を中心とした防除体系の確立を目指す方針としている。その中で、気門封鎖剤のように化学農薬としてカウントされない農薬の利用は、キーテクノロジーになると考える。

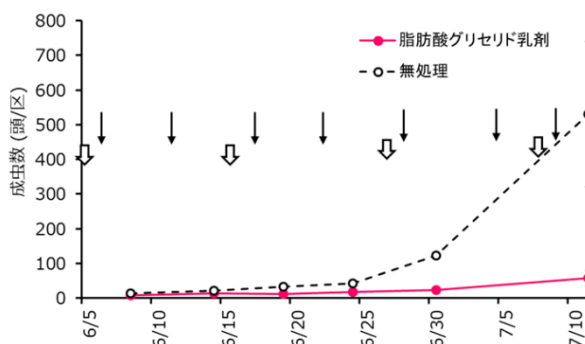


図8 タバコナジラミ成虫の推移
白矢印は気門封鎖剤の散布を、黒矢印はタバコナジラミ成虫の放虫（2.5頭/株）を示す。

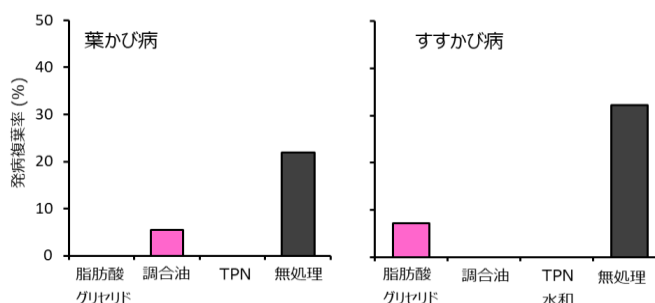


図9 トマト葉かび病およびすすかび病に対する防除効果
規定濃度に希釈した薬液を散布し、1日後分生子懸濁液を噴霧接種したのち温室に入れ、発病を促した。

引用文献

- 石原 三一 (1948) カキの栽培技術, 朝倉書店, 東京, p205.
 Naka H. et al. (2003) J. Chem. Ecol. 29: 2443-2459.
 日本応用動物昆虫学会編 (2006) 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版, 日本応用動物昆虫学会, 東京, p181-184.
 Sugie H. et al. (2008) Appl. Entmol. and Zool. 43: 369-375.
 杖田 浩二 (2017) 関西病虫研報 59: 33-40.
 杖田 浩二 (2019) 応動昆 63: 155-162.
 杖田 浩二 (2020) 植物防疫 74: 518-523.

ナシ害虫の防除、主に株元草生によるハダニ類防除について

中井 善太 千葉県山武農業事務所 (元 千葉県農林総研セ)

1. はじめに

ハダニ類は多発時に早期落葉、果実品質の低下および樹勢低下を引き起こすため、果樹栽培における重要害虫である(図1)。ニホンナシ(以下、ナシ)栽培におけるハダニ類の対策としては、薬剤散布による防除や、発生源となる雑草の徹底した除去が行われてきた。しかし、ナミハダニ等の薬剤感受性低下が顕著となり(例えば、山崎・糸山, 2014; 井上・岡部, 2017)、従来の対策ではハダニ類を抑えることが困難になっている。慣行防除園も含めた多くのナシ園では、ナシ葉上で様々な天敵類が認められる。なかでも土着カブリダニ類は、ハダニ類の密度が低い時期から発生が認められることから、ハダニ類の天敵として有望である。

本稿では、著者らが土着カブリダニ類の働きを高めてハダニ類を防除するために取り組んだ、ナシ樹株元の雑草温存(以下、株元草生)について紹介し、カブリダニ類によるハダニ類防除と経済的ナシ栽培を両立させるための留意点についても触れたい。



図1. 現地ナシ園での早期落葉(2014年9月1日)

2. ナシ栽培における下草管理

ナシ園における下草管理としては、清耕および草生栽培が一般的である(図2)。清耕栽培では、除草剤の使用や中耕により、園全体を雑草が生えない裸地状態に管理する(徐, 1997; 千葉県・千葉県農林水産技術会議, 2016)。これに対して、一般的な草生栽培では、ナシ樹の周りは刈払機や除草剤で除草するものの、樹間の下草は大型機械で定期的に刈り、下草が生えた状態を維持する。草生栽培の利点としては、土壌への有機物の補給や物理性の改善、土壌侵食の軽減およびナシ疫病の発生抑制等が、欠点としては、ナシ樹と下草間での養水分の競合および病害虫助長の危険性等が挙げられる(千葉県・千葉県農林水産技術会議, 2016)。

ナシにおける草生栽培では、ナギナタガヤ等市販の草種を用いる場合もあるが、自然に生えてきた雑草を用いることがほとんどである。ある種のカブリダニは、果樹園の下草への草刈り強度が強い(草刈り後の草丈が1または4cm)と、草刈り強度が弱い場合(草刈り後の草丈が8cm)に比べて減少する(岸本ら, 2020)。しかし、ナシ園全体で草

刈りを行わないことは、ナシと下草の間での養水分をめぐる競合が強くなること、生産者の作業性が著しく低下することから現実的でない。



図2. ナシ園の下草管理

3. 株元草生によるハダニ類抑制効果の検証

作業性等を維持しつつカブリダニ類の働きを高める手法として、ナシ樹間の雑草を大型機械で草丈 10cm 程度に定期的に刈り、株元の雑草には手を加えずに温存する株元草生栽培の検討を行った(中井ら, 2022)。対照区としては一般的な草生栽培を想定し、ナシ樹間の雑草を大型機械で草丈 10cm 程度に定期的に刈り、株元の雑草は刈払機を用いて定期的に除草した区を設置した。現地の減農薬ほ場および千葉県農林総合研究センター内の慣行防除ほ場を用い、試験は2か年実施した。

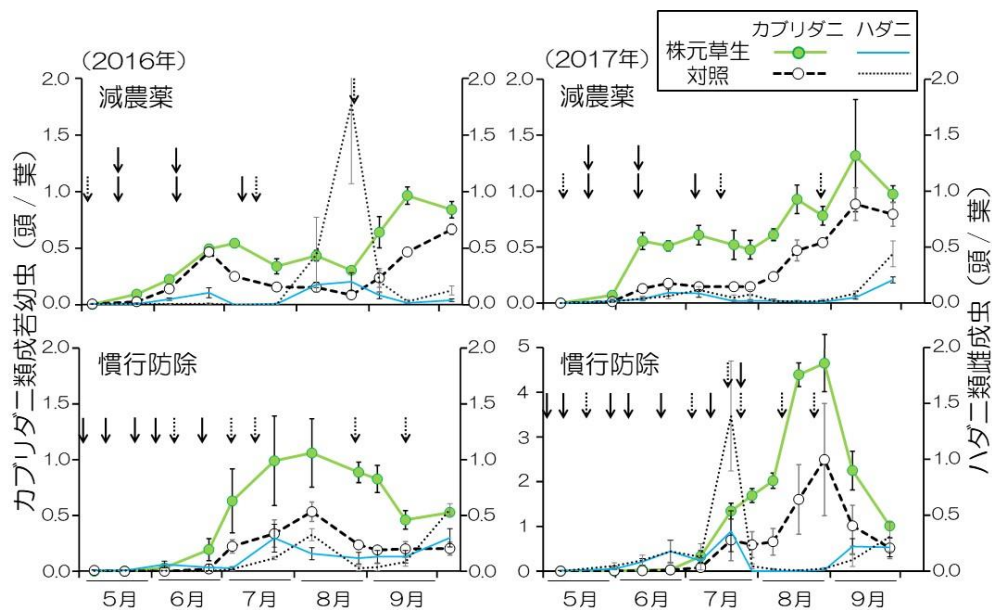


図3 株元雑草管理の違いとカブリダニ類およびハダニ類の密度(中井ら, 2022 を改編)

矢印は薬液散布日を示す(点線:ハダニに登録あり;実線:ハダニに登録なし)

ナシ葉上のカブリダニ密度は、株元草生区で対照区よりも高かった（図3）。これに
 対して、ハダニ密度は株元草生区で対照区よりも低かった。両ほ場のハダニ類はカンザ
 ワハダニが主であった。2016年の減農薬ほ場および2017年の慣行防除ほ場では、対
 照区でハダニ類が多発し、葉裏が褐変する被害が生じた。カブリダニ類の増加開始時期
 は、調査した2か年とも減農薬ほ場の方が慣行防除ほ場よりも1か月程度早かった。

ナシ葉上で多く認められたカブリダニ種は、減農薬ほ場ではコウズケカブリダニおよび
 ニセラーゴカブリダニ、慣行防除ほ場ではニセラーゴカブリダニであった（図4）。各ほ
 場の株元雑草では、ナシ葉上と同じ種が認められたことから、株元雑草がナシ葉上へのカ
 ブリダニ類の供給源になっていることが示唆された。これら2種はハダニ類以外にも様々
 な餌を食べる広食性カブリダニであり、花粉や微小な節足動物を餌にして株元雑草上で定
 着・増殖していると考えられる。室内試験では、これらカブリダニ2種によるカンザワハ
 ダニの雌成虫および卵の捕食が観察された（中井, 未発表）。特にニセラーゴカブリダニ
 については、ハダニが葉に網を張っていない状態では多数の卵を捕食した。

これらの結果から、従来はハダニ類の発生源とされた雑草の株元における温存が、ナシ
 葉上の広食性カブリダニ密度を高め、ハダニ類を抑制しうることが示された。

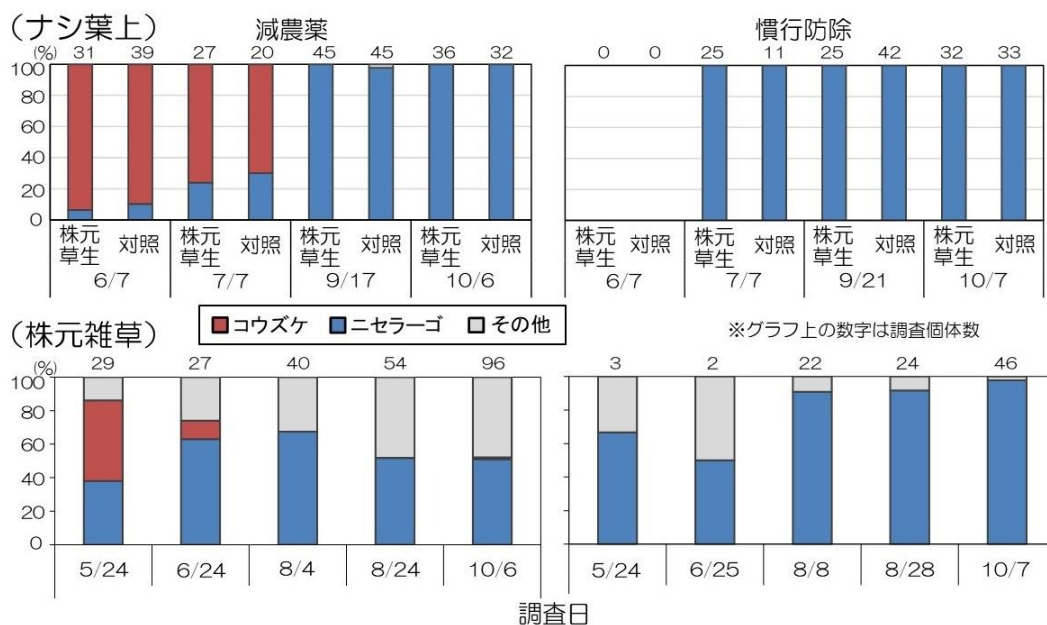


図4 ナシ葉上および株元雑草上のカブリダニ種構成（2016年）（中井ら, 2022を改編）

4. カブリダニ類が多い雑草種の検討

ナシ樹上にカブリダニ類が少ない3、4、6、10および12月にナシ園内の雑草を種
 ごとに採集し、どの草種でカブリダニ類の発生が多いのかを調査した。19科49種
 152サンプルを調査したところ、18科35種68サンプルからカブリダニ類が採取さ
 れた（中井ら, 未発表）。ニセラーゴカブリダニやコウズケカブリダニは、オオバコ、ハ
 ビイチゴおよびイヌタデといった、どのナシ園でも一般的な、いわゆる“普通種”におい
 て多く認められた（図5）。このことから、株元草生によるカブリダニ類密度の向上は、
 一般的な草種で実現可能であることが示唆された。



図5 千葉県内のナシ園で一般的な下草雑草

5. 株元草生を成功させるためのポイント

カブリダニ類によるハダニ類防除は、ただ単に株元の雑草を残せば成功するわけではない。ここでは株元草生を行う上での留意点についても説明したい。

(1) 薬剤使用時期の再検討、選択性薬剤へ切替え

前述のとおり、減農薬ほ場ではカブリダニ類の発生開始が早くなる。カブリダニ類への悪影響が大きい非選択性薬剤の使用時期変更や、選択性薬剤への切り替えを検討する。選択性薬剤には非選択性薬剤に比べて残効期間が短いものもあるため、害虫の発生状況に応じた適期防除が重要となる。薬剤やその使用時期の検討にあたっては、千葉県農林水産部（2020）や農研機構（2021）を参照されたい。

(2) 多目的防災網の設置

多目的防災網には果実吸蛾類（アケビコノハ等）やカメムシ類といった大型害虫の園への侵入を防ぐ効果があり、減農薬に繋がると考えられる。



図6 株元でマルチ化したヤエムグラ（2017年5月30日）

(3) 3月のナシ株元雑草の刈り払い

ハコベ、ヤエムグラ等のいわゆる“春草”は、枯死後にマルチ化して他の雑草の発生を抑制してしまうため(図6)、除去する。その際、除草剤はカブリダニ類に悪影響を及ぼし、ハダニ類の発生を助長する可能性があるため使用しない(Schmidt-Jeffris & Cutulle, 2019)。剪定作業が終わる3月中下旬に株元雑草を除去すると、その後は何らかの雑草が10月頃まで継続して繁茂する。

(4) 大型雑草の除去(努力目標)

ヨモギ、ギシギシ、ヤブガラシ等の大型雑草は樹幹害虫であるコウモリガの一次寄主となる危険性があるため(行成, 1996)、発生が目立つ場合は取り除く。

(5) 幼木には株元草生を行わない

養水分の競合を防ぐため、根圏が十分広がっていない幼木には株元草生を行わない。

(6) 10月以降のナシ株元刈り払い

落葉はナシ黒星病菌やナシ炭疽病菌の越冬源となる。株元に雑草があると、落葉がこれに絡まって留まり、落葉の土中へのすき込みや園外への持ち出し作業を妨げてしまう。収穫が終了した10月以降、刈払機等を用いて株元雑草を除去する。

6. おわりに

2021年5月策定の「みどりの食料システム戦略」では、2050年までにリスク換算の化学農薬使用量を50%低減するという目標が掲げられた(農林水産省, 2021)。そのための手段としては“化学農薬のみに依存しない総合的な病害虫管理体系の確立・普及等を図ること”がうたわれている。ナシにおける株元草生は、殺ダニ剤や除草剤の散布回数を削減でき、この目標達成に寄与しうる。千葉県では、ナシ樹まわりの下草管理作業を軽減できることから、株元草生は徐々に普及が進んでいる。しかし、本技術はまだ日が浅く、問題点や改善点の洗い出しが十分とは言い難く、生産者等によるさらなる改良に期待したい。

引用文献

- 千葉県農林水産部(2020)ニホンナシにおける天敵カブリダニ類を主体としたハダニ類のIPM防除マニュアル
- 千葉県・千葉県農林水産技術会議(2016)果樹栽培標準技術体系(ニホンナシの部)
- 井上麻里子・岡部 克(2017)茨城県病害虫研究会会報 56:25-29.
- 岸本英成・柳沼勝彦・降幡駿介・外山晶敏(2020)日本ダニ学会誌 29:47-58.
- 中井善太・大谷 徹・園田昌司(2022)日本応用動物昆虫学会誌 66:53-63.
- 農研機構(2021)新・果樹の果樹のハダニ防除マニュアル(第三版)
- 農林水産省(2021)みどりの食料システム戦略(本体)
- 徐錫元(1997)雑草研究 42(別):94-95.
- Schmidt-Jeffris, R.A., Cutulle, M.A. (2019) Pest Management Science 75: 3226-3234.
- 山崎大樹・糸山 享(2014)関東東山病害虫研究会報 61:153-154.
- 行成正昭(1996)森林防疫 45:206-213.

BT 剤の家庭園芸への応用

勝本 俊行 住友化学園芸株式会社 研究開発部 製品開発センター

初めに

住友化学園芸(株)は1969年に創業した家庭園芸用薬品、肥料を中心に扱う化学メーカーである。1993年に静岡県浜松市に設立した製品開発センターにて、家庭園芸独自の研究開発を行っている。親会社である住友化学とのシナジーを活かした開発の取り組みを基盤として、最近では環境、人体への負荷がより少ない天然成分、食品成分、生物農薬などを用いた製品開発に特に注力している。BT 剤「ST ゼンターリ顆粒水和剤」を始め、有機農産物生産で使用することが許されている農薬も積極的に取り組んでいる(図1)。今回、独自開発製品である2製品、BT 剤を配合したRTU スプレー製品「ベニカナチュールスプレー」、そしてBT 剤を植物に対する抵抗性誘導と考えられる殺菌成分として採用した殺虫殺菌剤「ベニカXガード粒剤」を紹介する。

BT 剤・生物農薬について

BT 剤とは、*Bacillus thuringiensis*が孢子形成期に産生する殺虫性タンパク質(プロトキシン)を成分



図1 販売中の有機農産物に使用できる製品
(有機JAS規格別表2に記載された農薬)

とした微生物殺虫剤である。現在日本で実用化されている菌株はクルスターキ系統とアイザワイ系統で、いずれもチョウ目害虫の防除剤として使われる。当社でも、アイザワイ系統のST ゼンターリ顆粒水和剤を販売している。BT 剤の殺虫活性成分である殺虫性タンパク質はCry タンパク質と呼ばれ、アミノ酸配列類似性によって分類される。ST ゼンターリ顆粒水和剤のCry タンパク質はヨトウムシ類にも殺虫活性が高いCry1Cを持ち、クルスターキ系統のBT 剤では苦手とするヨトウムシ類にも効果が高い(図2、図3)。BT 剤を含む生物農薬は図4の通り天敵農薬と微生物農薬に大別され、微生物農薬は微生物間競争を作用機作とする殺菌剤が主体であるが、糸状菌と細菌に殺虫剤として使用するものが存在し、BT 剤もその一つである。生物農薬の中での販売金額1億円以上(農業便覧令和3年度出荷金額)のものは捕食性ダニ剤12.8億、BT 剤5.5億、微生物殺菌剤5.8億円であった。今後、特に市場拡大が望まれる分野である。

	殺虫性結晶タンパク質の種類							
	I Aa	I Ab	I Ac	I B	I C	I D	II A	II B
ゼンターリ顆粒水和剤	●	●			●	●		●
他剤	●		●				●	●

●：各BT剤に含有される殺虫性タンパク質

図2 ゼンターリに含有される殺虫性タンパク質

※グリーンジャーナル http://www.greenjournal.co.jp/09vol_01_doku.htm から抄録

	殺虫性結晶タンパク質の種類							
	I Aa	I Ab	I Ac	I B	I C	I D	II A	II B
ハスモンヨトウ	△	△	△		○	×		
ヨトウムシ	○	○	×		○	×		
シロイチモジヨトウ	△	△	×		○	×		

○：非常に高い活性を示す ○低い活性を示す
△：活性を示す ×：活性が低い 空欄は知見なし

図3 各殺虫性タンパク質の殺虫スペクトラム

※グリーンジャーナル http://www.greenjournal.co.jp/09vol_01_doku.htm から抄録

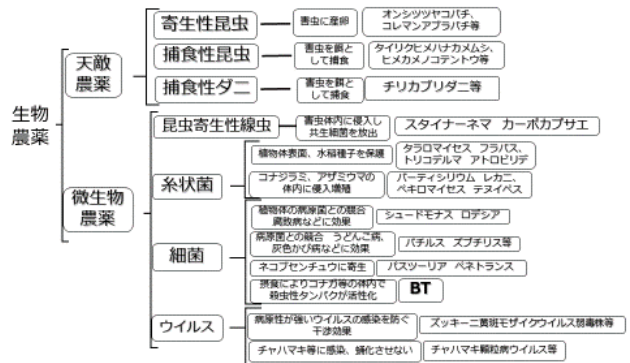


図4 生物農薬の分類

ベニカナチュラルスプレーの開発

家庭園芸用 RTU 剤では、近年の環境、人体への安全、安心意識の高まりもあり、天然成分、食品・食添成分、特定防除資材の病害虫対策スプレー製剤の市場が拡大しつつある。このような製剤は主に気門封鎖を作用機作とすることからアブラムシ、ハダニ等が主体の適用内容となり、チョウ目害虫に対して有効な防除手段となりにくい。そこでチョウ目害虫への殺虫スペクトラム拡大を狙い気門封鎖剤と BT 剤の両剤を有効成分とするスプレー剤の開発に着手した。気門封鎖剤はアブラムシ防除を主体とした還元澱粉糖化合物、ハダニ防除を主体とした調合油を選択した。還元澱粉糖化合物はオリゴ糖を高温高圧下で水素還元した多糖類でエコピタ液剤などの有効成分である。調合油はサフラワー油及び綿実油で殺卵効果もあるサフオイル乳剤の有効成分である。3 種有効成分の安定化に試行錯誤を重ね、2016 年から日本植物防疫協会の新農薬実用化試験を実施し、2022 年 9 月に農薬登録を取得、2023 年 1 月より販売を開始した。製品の概要と特徴を図 5、図 6 に示す。食品成分、天然成分を有効成分とし、アブラムシ、ハダニ、うどんこ病などに対する物理防除効果に加え BT 剤のアオムシ、ヨトウムシ、ケムシ類などチョウ目害虫に対する効果が付加され、キャベツでのアオムシ自然発生条件下での散布試験(図 7)では、気門封鎖を作用機作とする家庭園芸用 RTU 剤と比較して想定通りの高い防除効果が認められている。本剤は BT 剤由来の

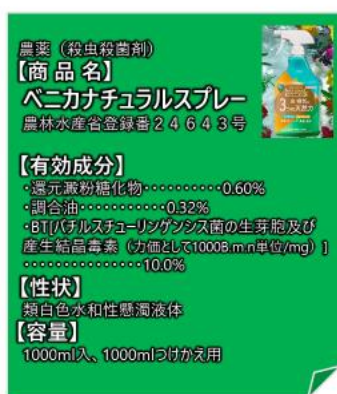


図5 ベニカナチュラルスプレーの製品概要



・有用菌 (B菌：天然成分)：アオムシ・ヨトウムシの食害停止効果 約2週間持続！
 ・水あめ (還元澱粉糖化合物：食品)：アブラムシ、うどんこ病を包んで効く！
 ・植物油 (調合油：食品)：ハダニ、コナジラミを包んで退治！ハダニの卵にも効く！
 ⇒ 虫・病気の発生前～収穫直前まで、繰り返し何度でも使用可能な殺虫殺菌スプレー。



図6 ベニカナチュラルスプレーの特徴

散布後 1-2 週間程度の残効があり、病害虫管理が疎かになりがちな家庭菜園でのチョウ目害虫発生予防

には特に有効である。そして、主に還元澱粉糖化物によるアブラムシ防除効果(図8)、主に調合油によるハダニ防除効果(図9)、そしてうどんこ病にも天然成分スプレー剤としては高い効果を示している(図10)。本剤は、食用作物の野菜類、果樹類を中心に花き類・観葉植物、樹木類の登録を持ち、アブラムシ類、ハダニ類、コナジラミ類、うどんこ病、黒星病に加えハスモンヨトウ、アオムシ、コナガ、ケムシ類など、チョウ目害虫の登録を取得済みで、今後も各種適用拡大を予定している。当社は住友化学、住化エンバイロメンタルサイエンスと天然物製品に関する統一したブランディング活動を開始するが、本剤も本活動のシンボルマーク「Natural Product」が付与される予定である。

<https://www.sc-natural-products.com/>



【対象害虫】アオムシ【供試植物】キャベツ(彩葉)【登録日】2022/4/6【試験期間】2022/4/12~5/29
【処理開始日】2022/4/12【試験地】住友化学園芸株式会社製品開発センター
【試験方法】処理は5-7日に1回間隔で合計5回実施し、その後、処理を停止し殺効性を確認した。

図7 ベニカナチュラルスプレーのキャベツ/アオムシ防除効果
初回散布47日後(最終散布19日後)の様子

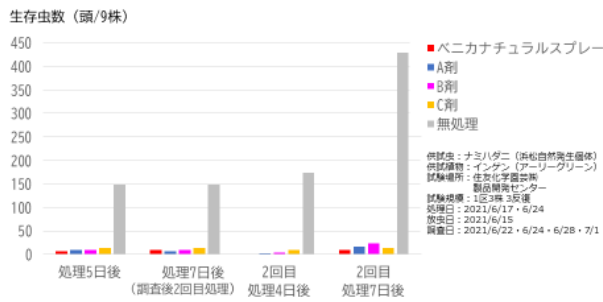


図9 ベニカナチュラルスプレーのインゲン/ナミハダニ防除効果

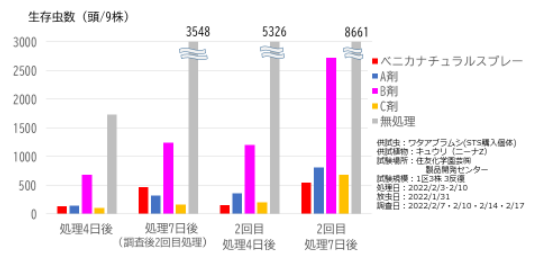


図8 ベニカナチュラルスプレーのきゅうり/ワタアブラムシ防除効果

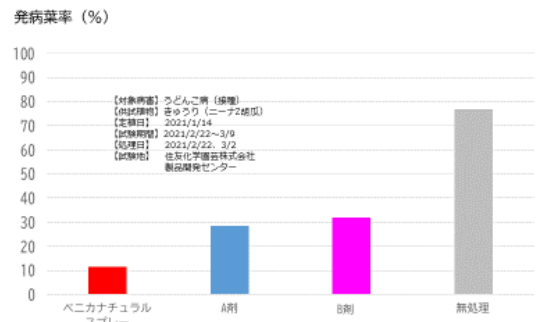


図10 ベニカナチュラルスプレーの散布におけるきゅうりの
うどんこ病に対する防除効果
(多発生条件 発病後処理 週1回散布 2回散布7日後)

ベニカXガード粒剤の開発

家庭園芸においても、定植期には殺虫剤による予防的防除を推奨している。殺虫成分を根から吸収、植物体内を浸透移行させて一定期間害虫を防除するものであるが、当時、新製品の技術課題としてうどんこ病、灰色かび病などの病害に対する殺菌効果の付与を模索中であった。そのような背景の中、*Bt* 菌の土壌灌注処理で植物の病害抵抗性を高め土壌病害を抑制する研究がなされていることを確認し、当該研究に関与されていた国立研究開発法人農業環境技術研究所(現、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、以後農研機構)の吉田重信氏に相談し、農研機構と共同研究を実施することとなった。そして、市販 BT 剤ゼンターリの土壌灌注による植物の抵抗性誘導と考えられる地上部病害の抑抑制に関して一定

の成果を得た後、2019年に学術誌「Journal of Phytopathology」に吉田氏を責任著者とした論文「Potential of bioinsecticidal *Bacillus thuringiensis* inoculum to suppress gray mold in tomato based on induced systemic resistance」を投稿し、2019年12月号に掲載された。以下に概要を説明する。灰色かび病菌 *Bcinerea* の菌糸懸濁液とPDA培地を混合しシャーレに注ぎ、中心にゼンターリ有効成分懸濁液、あるいはゼンターリから再単離した *Bt* 菌の培養混合液、そしてポジティブコントロールとしてゲンダマイシンを含むペーパーディスクを設置した。ポジティブコントロールではペーパーディスク周辺に灰色かび病菌の発育阻害帯が認められたが、ゼンターリ有効成分懸濁液、*Bt* 菌培養混合液を含むペーパーディスク周辺からは発育阻害帯が認められず、ゼンターリ有効成分、あるいはゼンターリ由来 *Bt* 菌の灰色かび病菌への直接抗菌活性は認められないことが確認された。また、ゼンターリ有効成分懸濁液を灌注したトマトセル苗の葉に灰色かび病菌の菌糸懸濁液を接種したところ、コントロール(滅菌水灌注処理)と比べて有意に発病を抑制し、ゼンターリ由来 *Bt* 菌培養混合液の灌注でもコントロール(PPG培地灌注)と比べて同様に発病を抑制した。また、ゼンターリ有効成分懸濁液にトマト苗の根部を浸漬した後、第一葉における4種のトマト防御関連遺伝子の発現量をリアルタイムRT-PCRによりモニターした結果、サリチル酸応答性の遺伝子である *PR-1(P6)*、*P4* で有意な発現量の増加が認められ、*PR-5* の発現も増加する傾向が見られた。このような実験結果から、ゼンターリ有効成分である *Bt* 菌は、トマト苗の根部への灌注処理により葉での灰色かび病菌 *Bcinerea* の発病を抑制し、その発病抑制作用は直接的な抗菌作用ではなく、植物体のサリチル酸応答性の防御関連遺伝子の活性化によるものであることが示唆された。

BT剤ゼンターリの灌注処理、または株元処理により、うどんこ病、灰色かび病などの実地試験でも一定の効果が得られたことから、安定化剤の選定等の製剤化検討、及び農薬登録取得の為の検討を進め、殺虫成分をクロチアニジン、殺菌成分をBT剤とするベニカXガード粒剤を開発し2019年9月に農薬登録を取得し、2020年1月より販売を開始した。剤の概要と特徴を図11、図12に示す。バラの病害虫に適用を拡大し2023年1月よりパッケージをバラのデザインとした450gも追加で販売予定である。いちごのうどんこ病に対する実用化試験結果を表1に示した。生物農薬かつ作用機作は抵抗性誘導と考えられる剤であることから一般殺菌剤に比べ効果の不安定な面は認められるが、無発病条件下での処



図11 ベニカXガード粒剤 製品概要



図12 ベニカXガード粒剤の特徴

理で比較的安定した効果が得られている。また、殺虫効果はクロチアニジンにより高い効果が認められている(図13)。適用はいちご、なす、きゅうりのうどんこ病、花き類・観葉植物の灰色かび病、ばらのうどんこ病などの病害と各種アブラムシ類、コナジラミ類などの登録を取得しており、こちらも順次適用拡大を予定している。

表1 イチゴ うどんこ病防除効果(新農薬実用化試験)

処理方法：5g/株 植穴土壌混和

実施年度	品種	試験場所	無処理区発病度	防除価	総合判定
2018	女峰	静岡・施設	9.2	78.3 (28日後)	B
2017	とちおとめ	福島・露地	3.5	82.9 (30日後)	B
2017	紅ほっぺ	静岡・施設	1.0	70.0 (21日後)	B
2017	紅ほっぺ	岐阜・施設	2.9	89.7 (29日後)	B
2017	さぬき姫	香川	31.5	8.6 (26日後)	D
2016	さがほのか	高知・施設	4.9	100 (37日後)	A
2016	さぬき姫	香川	20.0	20.0 (20日後)	B

処理前から
病害発生

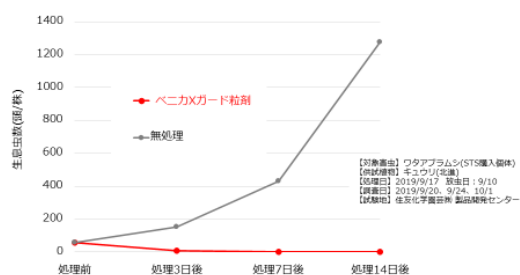


図13 ベニカXガード粒剤の株元散布における
きゅうり/ワタアブラムシに対する防除効果

おわりに

農林水産省は「みどりの食料システム戦略」を策定しており、「2050年までに化学農薬使用量(リスク換算)の50%低減を目指す」と設定し、食料・農林水産業の生産力の向上と持続性の両立をイノベーションで実現する具体的な取り組みに、生物農薬の活用技術の開発を挙げている。当社も、家庭園芸という分野から本目標達成に貢献したいと考えており、今後もBT剤の応用を中心に生物農薬や天然成分の積極的な活用に努めたい。

引用文献

丸山威 植物防疫 第58巻 第11号(2004)10-15 BT製剤利用研究の現状と展望

グリーンジャパン BT剤の殺虫性蛋白の種類と殺虫スペクトラム

http://www.greenjapan.co.jp/noyak_bt_dokusoh.htm

古濱孝久 植物防疫所病害虫情報 第126号-5(2022年3月15日)

日本植物防疫協会 農薬便覧2022

吉田重信 農林水産省H24委託プロジェクト研究成果 ポスター73

https://www.naroaffrc.go.jp/org/naaes/ocaff/conference2012/pdf/p73_poster.pdf

Shigenobu Yoshida, Motoo koitabashi, DaiYaginuma, Masato Anzai, Minoru fukuda Journal of Phytopathology
 Volume167 Issue11-12 Decembar2019 679-685