



施設栽培野菜においては害虫の寄生しない苗を植え付けることがIPMの基本中の基本であるが、薬剤抵抗性が発達している害虫の苗からの持ち込みをなくすることは不可能に近かった。とりわけ、イチゴのハダニは抵抗性の発達が著しく、栽培管理上の最大の課題となっている。イチゴは、苗を育成するまでの期間が長く、8~9月に定植され、収穫は10月から始まり翌年の6月まで長期にわたる。定植直前の苗を、高濃度の炭酸ガス処理することによって、イチゴの生育に障害なく、定植後のハダニの発生を長期間抑制するシステムを開発した。また、2015年2月、宇都宮大学を退職する直前にこの炭酸ガス処理技術を基幹としてIPM技術を普及するため株式会社アグリクリニック研究所を設立したので、これまでの経過を報告する。

## 1. はじめに

ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch は、農作物を含む、極めて多くの植物に寄生し(江原・真梶 1975)、施設栽培の野菜・花き類では重要害虫となっている。近年、全国的に難防除化し、各地でイチゴを中心に注意報が発表されるなど園芸作物生産の大きな障害となっている(農林水産省消費・安全局 2014)。特に、イチゴ栽培では薬剤感受性の低下と相まって、育苗期から本圃まで栽培期間の全般にわたり加害を受け、防除に手を焼いている生産者は多い。

1970年ころから欧米諸国やオーストラリア等で Controlled Atmosphere Storage 法(略してCA法とも呼称される)が注目され始めた。この方法には、窒素を置換ガスとし、酸素濃度を数%以下にして窒息を図る方法と殺虫作用を有する40%以上の高濃度二酸化炭素(以下CO<sub>2</sub>)を充てんし殺虫を図る二つの方法がある(中北, 1986)。これまで、貯穀害虫や果実、葉物野菜等収穫物に寄生する害虫を対象に試験されてきたが、植物苗での高濃度炭酸ガス処理は、植物への障害をもたらすことから例はなかった。

ちなみに、CO<sub>2</sub>処理により死亡した個体の体液pHは無処理個体の弱酸性側の6.9からKHCO<sub>3</sub>等重炭酸塩の飽和水溶液のpHにほぼ匹敵するアルカリ性側の8.1~8.2に上昇し、アルカリ性側の異常状態へと変化して昆虫細胞内における生命維持に必要な各種酵素活性の低下が進み、最終的には好氣的エネルギー代謝反応が停止するとした高濃度CO<sub>2</sub>殺虫メカニズムが提起されている(関, 2013)。

## 2 高濃度炭酸ガス処理のナミハダニに対する殺虫効果

高濃度炭酸ガス処理のナミハダニに対する殺虫効果を明らかにするため、発育ステージとして雌成虫、産下後24時間以内の卵(以下、24h卵)および産下後48~72時間後の卵(以下、48~72h卵)に対し、60%CO<sub>2</sub>有無の2段階、処理温度を25、30、35℃の3段階、処理時間を4、8、12、16、20時間の5段階とし、以上の条件を組合せて試験した。その結果、雌成虫に対して、25℃では、20時間の処理で死虫率は100%に達し、30℃と35℃では、16時間の処理で100%に達した。24h卵に対して25℃、20時間の処理では98.4%となり、30℃と35℃では12時間の処理で補正殺卵率が100%に達した。48~72h卵に対して25℃、20時間の処理では96.0%となり30℃で16時間、35℃で12時間の処理で100%に達した(小山田・村井, 2013)。

また、40℃条件下では、ナミハダニ雌成虫と卵は、6時間処理で100%殺虫率が得られている(板垣ら, 2017)。

表1 ナミハダニに対する60%CO<sub>2</sub>処理の殺虫効果

供試ステージ	温度 (°C)	炭酸ガス処理時間と死亡率 (%)				
		4 h	8 h	1 h 2	16 h	20 h
雌成虫	25	1.0	9.5	72.3	98.0	100.0
	30	13.7	75.3	93.1	100.0	100.0
	35	32.9	80.7	99.0	100.0	100.0
卵	25	16.7	50.2	65.9	89.8	98.4
	30	24.3	73.3	100.0	100.0	100.0
	産下御4時間以内	35	46.3	99.5	100.0	100.0
卵	25	6.6	32.7	49.3	81.2	96.0
	30	21.7	56.3	92.8	100.0	100.0
	参加後48~72時間	35	38.8	86.6	100.0	100.0

供試成虫数は各102頭、供試卵数は164~289卵  
 小山田・村井 (2013) から一部改変して引用

### 3. 高濃度炭酸ガス処理の定植直前のイチゴ苗に及ぼす影響

60%CO<sub>2</sub> 処理が定植直前苗 (品種 ‘とちおとめ’) の生育および花芽分化に悪影響を与えないことを確認するため、処理後の外観上の障害、頂花房の開花状況を調査した。60%CO<sub>2</sub> 処理の有無、処理温度 30°C、35°Cおよび処理時間 12 時間、24 時間を組合せた 8 区と慣行管理区の 9 区を設け、各区 10 株 (普通夜冷苗) を供試した。苗は処理後 24 時間以内にプランター当たり 3 株ずつ、株間 20cm で無作為に定植して屋外で管理し、10月20日以降ガラスハウス内で管理した。処理後、葉枯れ、株枯れ等の有無を観察したが、外観上の障害は認められなかった。また、各区の定植日から頂花房第 1 花開花までの平均日数は 42.7~44.7 日、定植 80 日後までの平均開花数 9.9~11.6 花となり、有意な差は認められなかった。さらに、定植から 80 日後までの各区の頂花房全体の開花のばらつきは、累積開花率を見ると、ほぼ同等で有意な差は認められなかった (小山田・村井 2013)。これらのことから、イチゴの開花に関して 60%CO<sub>2</sub> 処理の影響はないと考えられる。しかし、80% 以上の CO<sub>2</sub> 処理では写真 1 のような障害が発生する。



写真1 80%以上の高濃度炭酸ガスによる障害

### 4. イチゴ定植苗への高濃度炭酸ガス処理の本圃でのハダニ類発生抑制効果

前述したナミハダニに対する高い殺虫効果とイチゴ苗に対する影響が認められなかった結果を受け、栃木農試内および現地生産者圃場において実証試験を行った。

#### 1) 栃木農試圃場における実証試験

供試苗として、農試場内でポット育苗したイチゴ苗 (品種 ‘とちおとめ’) を用いた。試験区として、60%CO<sub>2</sub> 処理区と無処理区を設けた。供試イチゴ苗 600 株に対し、処理前日にナミハダニ (黄緑型) 100 頭を放虫した。翌日、農研機構果樹研究所 (茨城県つくば市) 内に設置されている高濃度 CO<sub>2</sub> くん蒸処理装置を用いて供試苗の半分の 300 株に対して 60%CO<sub>2</sub> 処理を 24 時間行った。残りの 300 株は無処理とし

た。試験区は、単棟パイプハウス1棟（面積約1a）の3畝（畝幅60cm）のうち両端の畝を3区画ずつに区切り、60%CO<sub>2</sub>処理区と無処理区（1区画約8m<sup>2</sup>）を交互に配置した。60%CO<sub>2</sub>処理終了2日後に定植苗を両試験区の各々300株から任意に選び出し、農試場内の試験圃場に1区画当たり56株定植した（株間25cm）。定植後の本圃におけるナミハダニ発生状況調査は、調査株を区画ごとに無作為に10株選び、2009年11月10日から2010年2月1日まで、おおむね1週間ごとに株当たり1複葉を選び、寄生するナミハダニ雌成虫を計数した。本圃に定植後、無処理区では放虫したナミハダニが調査開始時の11月10日から認められ、12月中旬以降からは密度が急増した。このため、2回の殺ダニ剤散布（2010年1月6日アセキノシル水和剤、1月20日プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル液剤）を行ったが、十分な防除効果が得られずに調査終了時までナミハダニが多発し続けた。一方、60%CO<sub>2</sub>処理区では12月末までナミハダニの発生は認められなかった。その後、ナミハダニの発生は認められたが、調査終了時まで低密度で推移した（図1）。

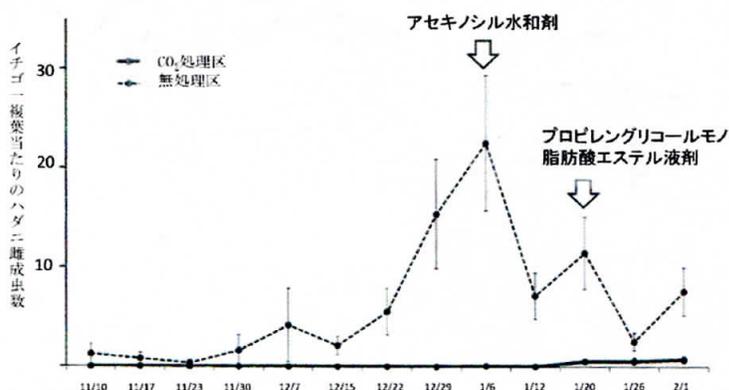


図1 栃木農試試験圃場におけるCO<sub>2</sub>処理のハダニ防除効果（小山田・村井 2013）

## 2) 現地圃場実証試験

供試苗として、生産者宅で35穴セルトレイにより普通夜冷育苗したイチゴ苗（品種‘とちおとめ’）を用いた。試験区として、60%CO<sub>2</sub>処理区と無処理区を設けた。2009年9月7日、前述の果樹研究所内に設置されている高濃度CO<sub>2</sub>処理施設で供試イチゴ苗4,000株のうち、2,000株に対して60%CO<sub>2</sub>処理を24時間行った。残りの2,000株は無処理の苗とした。処理終了当日の9月8日に用意した単棟パイプハウス（面積2a）2棟をそれぞれ処理区、無処理区として全株を定植した。両区ともナミハダニの放虫は行わず、自然発生に任せた。なお、無処理区は、生産者の意向により10月10日に還元澱粉糖化物液剤とピリダベン水和剤、10月29日にシフルメトフェン水和剤を散布した。一方、処理区ではナミハダニに対する薬剤防除は行わなかった。発生状況調査は、調査株を各ハウスから無作為に100株選び、2009年10月14日から12月26日までおおむね10日ごとに、株当たり1複葉を選び、寄生するナミハダニ雌成虫を計数した。現地圃場の無処理区では、定植後にナミハダニに対する薬剤防除を2回行ったにもかかわらず、12月8日にはナミハダニの発生が確認され、12月末には1複葉当たり雌成虫数が約2頭認められたのに対し、60%CO<sub>2</sub>処理区ではハダニ類への防除を行わなかったが、12月26日までナミハダニの発生は全く認められなかった。

## 5. 炭酸ガスくん蒸装置

イチゴの苗に対する炭酸ガスくん蒸装置として3種類の装置が市販されている。高濃度炭酸ガスを24時間密閉できるシステムで、初めに日本液炭(株)が開発した「すくすくバッグシステム」は高気密性の特殊ファスナー付き巨大バッグ(幅3.5m, 奥行4.4m, 高さ1.8m)で、コンテナやトレイに収納したイチゴ苗を密閉し、炭酸ガスを流し込む装置である(写真2-A)。一度に最大17280株の処理が可能である。ついで、日立AICが開発された「ポリシャインSB(水封式炭酸ガス害虫駆除システム)」は裾が水封式になっている装置で、夜冷蔵庫台車をそのまま利用できるほか、コンテナ利用で処理も可能な装置である(写真2-B)。一度に最大26565株の処理が可能である。また、弊社が開発した「アグリクリーナー」は8000~16000株の処理が可能で、日立AIC同様水封式であるが、加温装置を装備し、袋内の空気炭酸ガス濃度を調整するガス混合方法を使用しているなど他社と異なるシステムである(写真2-C)(写真3)。



A:ファスナーバッグ

B:ポリシャインSB

C:アグリクリーナー

写真2 炭酸ガス処理装置のいろいろ

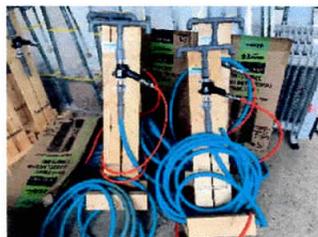


写真3 炭酸ガス希釈装置(特許第6485827号)

## 6. 定植前の処理の条件と殺虫効果

イチゴの定植前に処理を行うことから、8月下旬から9月中旬にかけて処理することが多く、年によって、温度が異なり、効果が異なることがわかっている。処理期間の装置内の平均温度が25℃で最低気温が20℃以上であれば10月下旬になってもハダニの発生は認められなかった。平均温度が20℃では、10月下旬には発生が認められ、薬剤散布が必要となった。最低気温が20℃以下でも最高気温が29℃以上であれば高い効果が認められた。

2014年の8月中旬の処理では、平均気温が25℃近くあり、最低気温は20℃以上であった。この場合は、10月下旬になってもハダニの発生は認められなかった。一方、2015年は8月下旬の平均気温が20℃と、例年よりも低かった。この時に処理したイチゴでは、10月下旬で株あたり10匹以上となり、発生を抑えるためには数回の農薬散布と天敵の放飼が必要であった。また、9月上旬は幾分温度が高くなり、最高気温が29℃に達したが、最低気温が18℃で経過したため、防除効果が低くなった(表2)。

表2 炭酸ガス処理時期の袋内温度とその後の殺虫効果

生産者	処理日	平均気温 (最高-最低)	10月下旬の ハダニ成虫数 (株当たり)
A	8/17-18	24.9 (29.5-23.3)	0
B	8/28-29	20.0 (22.8-18.5)	11.9
C	9/5-6	22.9 (29.0-18.6)	0.47
D	9/10-11	21.6 (28.1-18.0)	2.08

これらの結果から、8～9月でも温度が低い時には何らかの加温システムの導入が必須である。

## 7. 袋内を加温すればうまくいく

加温装置としてオイルヒータが適している。ヒーターにはサーモスタットが内蔵され、28℃が上限となっている。袋内の温度むらを防ぐため、空気を混ぜるために軸流ファンを空気混合ユニットの下部とコンテナ最上部に設置し、加温器の空気を袋全体にいきわたる様にする。コンテナの設置位置の中央部に間隙を作ると空気の循環が良くなり、袋全体の温度の均一化ができる。

処理装置を設置する場所として、ハウス内が温度を確保するのに適している。ハウス内に設置し、処理時の気温が20℃以下となればオイルヒータを作動させ、ハウスを密閉して、一昼夜作動させることによって25℃を維持することが可能となる。2017年の9月の様に関東地域では不純な天気、十分な温度を確保することが困難であったが、この様な加温システムを導入した農家では、5月までダニ剤の散布をしなくて済んだという高い効果を上げている。

加温システムは定植前のイチゴ苗だけでなく、3月や11月に配布される親株の処理も可能にするものである。苗の供給体制の上流からダニの密度を抑制できれば、薬剤抵抗性ハダニの出現も抑制できる可能性がある。

## 8.(株)アグリクリニック研究所の事業と今後の取り組み

(株)アグリクリニック研究所は、村井が宇都宮大学在籍中に開発した高濃度炭酸ガスによる害虫防除技術を実用化することを中心事業として退職直前の平成27年2月2日にベンチャービジネス企業として立ち上げられた。施設園芸では接ぎ木苗や高付加価値苗等の購入苗の利用が増加しており、苗生産が飛躍的に伸びている。それに伴って、微小害虫の発生分布の拡大やそれらによるウイルス病の発生が大きな問題となっている。苗出荷前の炭酸ガス処理システムの導入が確立できれば、農薬使用の削減とともに、天敵類の利用効果がより確実なものとなり、施設作物の害虫防除体系を大きく変えることが可能となる。

当初、従業員なし、アルバイトと役員だけで始め、現在、正規従業員2名を雇用することができ、新規代理店の構築、西日本に向けた炭酸ガス処理技術の普及を展開しているところである。栃木県はイチゴの日本一の生産地であり、生産にとってもっとも緊急の課題として薬剤抵抗性ハダニの防除対策であった。宇都宮大学在職中に高濃度炭酸ガス処理によって、この難防除害虫を防除できることに目途が立ち、関係企業と共同研究を立ち上げ、高濃度炭酸ガスの農薬登録適用拡大を進めることができた。しかし、炭酸ガスメーカーがガスを販売するにあたり、通常価格の5倍近い値段で販売することになり、コストの低減という私の目論見が失望に変わった。そこで、弊社で開発したシステムと炭酸ガスポンプの販売を始めた。また、1年目は防除の請負処理を中心に事業を展開した。15戸の生産者から依頼があり、効果が高く、生産者からも高い評価を得ること

ができた。一方、実地に処理するにあたって、処理時期の温度の問題、生産者が実施するときの作業性等の問題点も浮かび上がってきた。そこで、2年目からは加温器、温度のモニタリング、袋の2袋化等、弊社独自のガス混合ユニットの考案等を組み込んだ新たなシステムの制作販売を始めた。これまで、宮城県から、神奈川県にかけて約60台を販売することができた。処理システムの販売増加は殺虫炭酸ガスの普及販売を加速することとなります。

これまで、イチゴ以外の作物でも高濃度炭酸ガスの効果を検証し、作物種によって、あるいは品種によって、高濃度炭酸ガスに対する耐性が異なることがわかってきた。ばら、キク、シクラメンなど花類ではイチゴと同様に比較的炭酸ガスに対する耐性が高い。しかし、果菜類のキュウリ、トマト、ナス、ピーマンなどでは、高濃度炭酸ガス処理による障害が発生する。これを回避する方法が検討されており、高濃度炭酸ガスの需要拡大のため、キュウリ、ナス、トマト、キクなどの害虫フリー苗生産のための農薬適用拡大にも取り組んでいます。炭酸ガス処理装置を袋から減圧真空冷却装置を改良した設備機器に変更し、処理過程を作物ごとに変更できるプログラム自動化装置を開発している。この装置は、真空状態あるいは60%程度に一旦減圧してから炭酸ガスを充滿する方法をとっており(特許第6194212号)、これによって、従来貯殺害虫では2週間の処理が必要であったものが1~2日で処理できる見込みがついたので、検疫への利用も考えています(写真4)。



写真4 減圧式アグリクリーナ

高濃度炭酸ガスと併用した防除技術として、農薬以外の防除手段としての天敵の販売も実施しています。イチゴのハダニ対策から、授粉昆虫ミツバチの提供、さらに他の病害虫の防除対策の相談に至るサービスを提供しています。

また、高設栽培や水耕栽培の作物での生育期の高濃度炭酸ガス処理も設備を改良することによって可能と思われるので、設備関係の企業との共同開発を期待したい。

炭酸ガス以外の事業も実施しており、その一つとして新規農薬関連事業として、新農薬の効果、薬害、ミツバチに対する影響評価などイチゴ以外の作物でも取り組んでいます。さくら市の農場以外に香川県、愛知県、熊本県、島根県でも試験できる体制を構築していきたいと思っています。

ミツバチ関連の事業として、グループ企業の農業生産法人アグリBeeplantを設立し、ミツバチの増殖に必要な蜜源植物の遊休地を利用した生産にも取り組んでいます。ハチミツやハーブの生産も展開する予定です。

弊社は施設園芸の中で、フリー苗生産に貢献できる事業を展開しているが、生産者への様々なアフターケアをできることが大きな強みになっています。幅広い病害虫対策や土壌管理など、現場が抱える問題は多く、需要の多い分野と思います。AIやドローン等を活用した新しい技術を組み込んだ事業の展開も視野に入れていきたいと思っています。

現在、栃木県さくら市に研究農場を開設し、事業を展開しています。広大な敷地12haを将来取得し、今後の事業を展開していきたいと考えています。ご指導、ご支援お願いいたします。

参考文献

- Aharoni, Y., J. K. Stewart and D. Guadagni (1981) *J. Econ. Entomol.* 74: 338-340
- Banks, H. J. and P. C. Annis. (1977) *C.S.I.R.O. Div. Entomol. Tech. Paper. No. 13*: 23 pp.
- Brodsgaard, H. F. (1994) *J. Econ. Entomol.* 87: 1141-1146
- Carpenter, A., S. Wright, and P. Lash. (1996) *Bull. Entomol. Res.* 86: 217-221.
- 板垣有紀・加藤寛・香川清彦・園田昌司・村井保 (2017) *応動昆* 61 : 175-177
- Mitcham, E. J., S. Zhou and V. Bikoba (1997) *J. Econ. Entomol.* 90 (5): 1360-1370
- Mitcham, E. J., T. Martin and S. Zhou (2006) *Bull. Entomol. Res.* 96: 213-222
- Mound, L. A. and D. W. Collins (2000) *Eur. J. Entomol.* 97: 197-200
- 村井 保 (2017) 害虫の殺虫方法 特許第6194212号
- 村井 保 (2019) 害虫の殺虫施設及びその殺虫施設を用いた植物体の殺虫方法 特許第6485827号
- 中北 宏(1986) *植物防疫* 40 : 307-315
- Newton, J. (1993) *Proceedings of the first International conference on urban pests.* pp 329-338 in: Widely KB, Robinson W H (eds)
- 小山田浩一・村井保(2013) *応動昆* 57 : 249-256
- 関昌夫(2013) 東京農工大連合大学院博士論文 83pp.
- 関昌夫・村井 保 (2011) *応動昆* 55 : 174-177
- Seki M. and T. Murai (2012) *Appl. Entomol. Zool.* 47:125-128
- Seki M. and T. Murai (2012) *Appl. Entomol. Zool.* (2012) 47:433-436
- Talekar, N.S. (1991) *Thrips in Southeast Asia. Asian vegetable Research and Development Center, Taipei*,74pp
- 多々良明夫・鈴木正紀 (1993) *関東病虫研報* 40: 315-316

〒 321-0935 栃木県宇都宮市城東2丁目10-2

## 「バンカーシート普及の現状と今後の展望」

全国農業協同組合連合会 肥料農薬部 農薬課 西川洋史

「少子高齢化が進む日本社会」において生産物の安定的な生産が課題であり、JA全農は、5年後・10年後を見据えた取り組みとして、「農業総産出額を計画的に・段階的に拡大する」ため、これまで以上に生産振興に取りかかる必要がある。生産現場での病害虫防除は、化学農薬に対する感受性の低下などの問題もあるが、さらに省力化などの技術も必要であるため、これらの対策の1つとして天敵の利用に注目している。

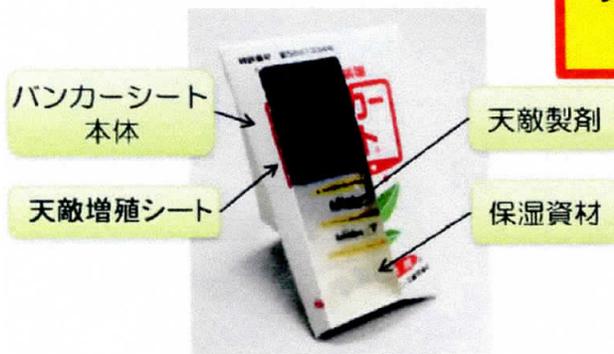
JA全農はこれまで天敵農薬の供給はしていたが、天敵保護装置「バンカーシート」の取り扱いをきっかけに、本格的に推進を図ることとなった。

第1図

### 天敵保護装置『バンカーシート』

- 薬剤抵抗性害虫の問題を「バンカーシート」により解決します。
- 天敵を長期間・大量に放出することにより、害虫発生前に計画的に放飼が可能。
- 天敵の繰り返し放飼の負担を軽減でき、コスト低減に貢献します。

【バンカーシートの構造】



**=天敵パック製剤の性能を  
最大に引き出す資材**

1. 天敵を安定的に増やす
2. 設置直後まで農薬散布可能
3. 害虫発生前から設置可能

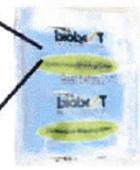
「バンカーシート」は、化学農薬や環境変化の影響を軽減し、シート内でカブリダニを増殖し、長期間放出できる簡易型紙資材である（図1）。「バンカーシート」単体で使用するのではなく、ミヤコカブリダニ製剤の「システムミヤコくん」やスワルスキーカブリダニ製剤「システムスワルくん」を「バンカーシート」内に入れて使用する。それぞれ「ミヤコバンカー」（「バンカーシート」＋「システムミヤコくん」と、「スワルバンカー」（「バンカーシート」＋「システムスワルくん」）を、平成29農業年度（2017年12月）から供給を開始した（図2）。

第2図

# ミヤコバンカー<sup>®</sup>



ミヤコカブリダニ



システムミヤコくん



設置 (左: いちご 右: 露地ナシ)

# スワルバンカー<sup>®</sup>



スワルスキーカブリダニ



システムスワルくん



設置 (きゅうり)

現在利用できるミヤコカブリダニ製剤とスワルスキーカブリダニ製剤はボトル型製剤とパック型製剤があるが、それぞれ、メリットとデメリットがある (図3)。

第3図

## カブリダニ製剤のメリットとデメリット

	メリット	デメリット
ボトル製剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>●即効性が期待できる (害虫発生初期)</li> <li>●安価 (パックに比べて)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●農薬の影響による消失</li> <li>●餌不足による定着不良</li> <li>●均一放飼が難しい</li> </ul>
パック製剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>●数週間かけて毎日天敵が放出</li> <li>●害虫発生前から放飼が可能 (スケジュール放飼)</li> <li>●放出期間内であれば移動可能</li> <li>●放飼作業が省力</li> <li>●誰でも均一放飼が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●水濡れによる腐敗</li> <li>●ネズミなどによる食害</li> <li>●環境の不良による定着不良 高温・低温・乾燥</li> <li>●天敵の移動に時間が掛かる</li> </ul>






⇒繰り返し放飼  
=労力・コスト高



⇒狙っていた効果が  
得られない可能性

ボトル型製剤はパック型製剤より安価であり、害虫発生初期に即効性が期待できるが、化学農薬の影響が残っていた場合、影響を受けやすく、また、害虫や代替エサが不足した環境では定着が難しいという側面をもつ。また、パック型製剤は数週間かけて毎日天敵が放出されるという特徴を持ち、害虫発生前からスケジュール放飼が可能であるが、水濡れによる腐敗やネズミなどによる食害、環境不良（乾燥）などにより、期待していた効果が得られないことがある。

「バンカーシート」はこのパック型製剤のメリットはそのままにデメリットを改善することを目的に開発され、パック型製剤の性能を最大限に引き出すことにより、より安定的に害虫を防除することが可能となった。

「バンカーシート」は天敵放飼タイミングのスケジュール化が可能であり、継続して天敵が放出されるというメリットを最大限生かし、これまでにハウス栽培のイチゴやキュウリ、ナス、ピーマン、シシトウ、カンキツ、マンゴー、シソ、花卉類などで普及が進んでいる。供給量は右肩上がりで増加しており、平成30農業年度（2017年12月～2018年11月）の販売金額は1億5000万円を超えた。

一方で現場では、担当者の若返りにより生産者に対する提案力が低下しつつある課題もある。「バンカーシート」の普及活動をきっかけに、害虫や天敵などの知識向上や生産者との交流を深めるきっかけとなることを期待し、これからも普及活動を強化していきたい。

## 土壤病害診断事業の実践事例と課題 —IPM への貢献—

アグロ カネショウ株式会社

技術普及部 普及課 石本ゆに

はじめに

アグロカネショウは農薬の製造・販売メーカーである。創業以来「農家とともに」をモットーに、現場密着の技術普及活動を展開してきた。特に作物栽培の基本となる土づくりの場面において、バスアミド微粒剤・D-D・ネマキック粒剤の普及推進を通して連作障害の要因の一つである土壤病害虫対策に取り組んできた。

しかし、土壤消毒はあくまでも予防的な手段であり、土づくりの一部を担っているに過ぎず、今まで多くの失敗事例もあった。そこで生産者のニーズに応え、より品質の良い農作物の生産につなげるため、土壤病害対策の一環として土壤分析事業を開始することとなった。

### 1. 土壤分析事業の取り組み

#### 1) 土壤分析室の設立と分析内容

2013年12月に茨城県の結城事業所内に土壤分析室設置し、翌年2014年10月に計量証明事業登録取得、2015年1月に土壤分析事業を開始し、現在に至っている。

現在の分析内容は次ページの表のとおりである。化学性分析については一般の分析会社の項目と何ら変わることはないが、弊社の土壤分析は生物性分析が特徴となる。土壤病害ではナス科青枯病・タバコ立枯病、ショウガ根茎腐敗病、ネギ類黒腐菌核病、ピシウム病害・フザリウム病害、アブラナ科根こぶ病を、また植物寄生性線虫ではネグサレセンチュウ、ネコブセンチュウおよびダイズシストセンチュウを対象として分析を行っている。

#### 3) 線虫分析について

従来、線虫密度分析にはベルマン法という方法がとられてきた。簡便ではあるが、ベルマン法では活発に活動中の線虫のみの分離にとどまること、土性や気温によって分離率が異なること、そもそも分離効率が低いといった問題があった。そのため、線虫密度が低いという結果にも関わらず、圃場では被害が発生するという矛盾した状況になることもしばしばであった。そこで、これらの問題を解決するために、リアルタイムPCRを用いた分析方法を導入し、植物寄生性線虫のDNAを定量することで、より正確な線虫密度分析が可能となった。

#### 4) 土壤病原菌分析について

ナス科青枯病・タバコ立枯病・フザリウム病害・ピシウム病害については、それぞれの選択培地を利用して密度検定を行い、必要に応じて生物試験もあわせて実施している。ショウガ根茎腐敗病については捕捉法で、ネギ類黒腐菌核病についてはデカンテーション法によって菌核を拾いあげ培養法によって分析結果を出している。アブラナ科根こぶ病については線虫同様にリアルタイムPCRで密度が分析可能となっている。

生物性分析		化学性分析
土壤病原菌	分析方法	
ナス科青枯病、タバコ立枯病 ( <i>Ralstonia solanacearum</i> )	選択培地 生物診断	pH(H <sub>2</sub> O) EC
ショウガ根茎腐敗病 ( <i>Pythium myriotylum</i> )	捕捉法	交換性カリウム 交換性石灰
ネギ類黒腐菌核病 ( <i>Sclerotium cepivorum</i> )	デカンテーション法 培養法	交換性苦土 アンモニア態窒素
ピシウム病害 ( <i>Pythium</i> 菌) フザリウム病害 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )	選択培地	硝酸態窒素 CEC
根こぶ病 ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> )	リアルタイムPCR	腐植 有効態リン酸 リン酸吸収係数
植物寄生性線虫	分析方法	全窒素 全炭素 微量元素 4 種 (Fe,Cu,Mn,Zn)
ネグサレセンチュウ (キタネグサレ、ミナミネグサレ) ネコブセンチュウ (サツマイモネコブ、キタネコブ) ダイズシストセンチュウ	メタゲノム法 (リアルタイムPCR)	

## 2. ヘソディムについて

1)ヘソディム (HeSoDiM) とは、「健康診断に基づく土壌病害管理」(HeSoDiM: Health checkup based Soil-borne Disease Management) のことである(特定非営利活動法人圃場診断システム推進機構 理事長 対馬誠也 (2018))。人の健康診断と同様に基本的な診断項目、問診を通して発病リスクを評価し、リスクに応じた対策をとるというスタイルになっている。

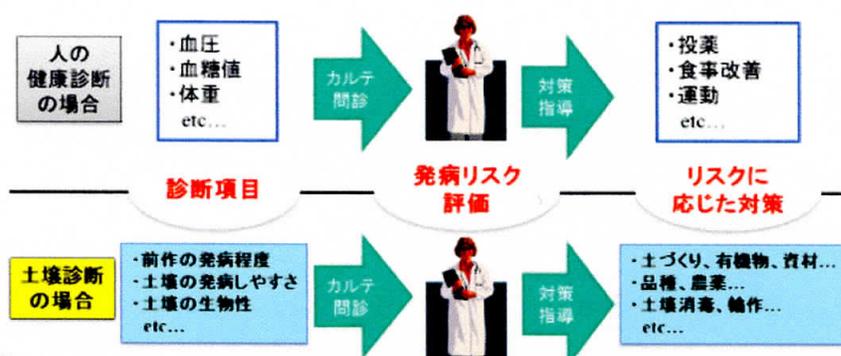


図 ヘソディム(健康診断に基づく土壌病害管理) 対馬ら、2013年

2)ヘソディムの特徴は、1.個別技術だけで対応しない（分析結果だけの報告や現場に合わない技術の紹介はしない） 2.予防が最重要項目（発病していない段階から診断・対策を行う）3.圃場ごとに管理する（生産者の意識を高め指導員がアドバイス）となる。

3)ヘソディムマニュアルは現在 16 病害について作成されており、誰でも無料で検索して利用できるようになっている。マニュアルの条件は、1.診断・評価・対策がセットになっていること 2.発病ポテンシャル（発病しやすさ）を3段階（レベル1,2,3）で評価すること 3.発病ポテンシャルのレベル毎に対策リストを作成することの3つである。

4)アグロカネショウの土壌分析はヘソディムの考えを取り入れマニュアルを参考にして行っている。下の分析結果報告書を見ると1.病害発生状況や薬剤履歴を記載（問診）、2.分析結果・ポテンシャルを表示（結果の評価）、3.発病ポテンシャルの内容および対策について記載、となっており、ヘソディムマニュアルに則った内容であることがわかる。

0000種 土壌分析結果(生物性)報告書

発症日	発症箇所	対応薬剤	土壌分析日
●●●月○日	×××××	①×××××	●●●月○日
②×××××	③×××××	④×××××	●●●月○日

← 病害発生状況・薬剤履歴

対象農作物	分析方法	分析種	単位	発生・発病ポテンシャル
野菜(葉菜類)	発病ポテンシャル評価	細菌	個/g	2

← 分析結果・ポテンシャル表示

対象農作物	発生・発病ポテンシャル
野菜(葉菜類)	<p>前年の発生は無く、圃場が検出されなかった。</p> <p>前年少発生(菌数 0.5%未満、検出率 0.1%以下) 菌種不明</p> <p>中等発生(菌数 0.5%以上、検出率 0.1%以上) 菌種不明</p> <p>多量発生(菌数 1%以上、検出率 0.1%以上) 菌種不明</p>

← 分析結果から発病ポテンシャルを示す内容および防除対策を記載する

（ここでは高知県農業技術センターより発表されている内容を記載）

### 3. 土壌分析を利用した防除の取り組み

#### 1)土壌消毒と台木を利用した なすの青枯病防除

なすの青枯病が発生している愛知県の事例について報告する。現地では土壌消毒は実施が難しいので抵抗性台木苗の利用を検討していたが、弊社としてはバスアミド微粒剤の推進と合わせ、現地圃場でのバスアミド微粒剤の効果確認とともに台木を利用した体系防除の効果について検討することとした。

トマトの青枯病ヘソディムマニュアルの診断手順では 1.発病履歴の調査 2.病原菌の生育深度の調査 3.土質の調査 4.総合リスクの評価 5.防除対策の選択・実施 となっているので、これに準じて試験を行った。

具体的には 1~3 についてチェックしてポイントを合計し、それを発病リスクとして評価（ポイント 1~5：リスクレベル1、ポイント 6~9：リスクレベル2、ポイント 10~18：リスクレベル3）、各リスクレベルから対策技術を選定（リスクレベル1：慣行接ぎ木\*、リスクレベル2：高接ぎ木\*または深層土壌消毒+慣行接ぎ木、リスクレベル3：深層土壌消毒+高接ぎ木）というマニュアルを参考にした。下表が現地圃場の診断結果である。

診断項目						ポイント
①発病履歴	近年までなし 0	近年抑制作で発生 2	前年抑制作で発生 4	直前の作型で発生 6		4
②病原菌の生存深度	下層までなし 0	下層で検出 2	中層で検出 6	表層で検出 4乗未満 8	表層で検出 4乗以上 10	8
③土質	下層まで砂質 0	中層下層で粘土質 1	粘土質 2			0
					合計	12

発病履歴、土質などをリスク評価すると合計ポイントは12となった。10～18がリスクレベル3なので、対策技術としては深層土壌消毒＋高接ぎ木ということとなり、バスアミド微粒剤＋台木の体系処理は防除対策としては適切ということとなった。

試験概要：試験地は愛知県豊田市の現地圃場、供試作物はなす（品種：築陽）、台木は台太郎とトルバムの2種とした。試験区はバスアミド微粒剤30kg処理区で被覆区と無被覆区の2区を設けた。2018年3月13日に混和処理し4月5日（処理23日後）に被覆を除去してガス抜きを行った。定植は5月1日（処理35日後）に行った。菌密度は処理直前・同22日後および栽培終了後に土壌採取して分析を実施した。発病株率は6月から10月にかけて月1回行った。

結果は下表のとおりである。消毒後の菌密度をみると被覆区はどの層でも要防除水準以下に下がっているのに対し、無被覆区は上層と中層でやや密度が低くなった程度であった。また、発病株数の推移をみると、台太郎台木を定植したバスアミド被覆区の効果が高いことがわかった。しかし、収穫後の菌密度をみると被覆区でも表・中層の密度が元以上の数値になってしまい、引き続き防除対策を継続しなければならない結果となった。一方で、バスアミド微粒剤は雑草に対する効果も有するため、被覆区は非常に雑草が少なかった。

土壌採取深度	バスアミド処理 被覆 菌密度		発病ポテンシャル
	消毒前	消毒後	
30cm	$2.9 \times 10^3$	$< 10^2$	1
60cm	$6.1 \times 10^3$	$< 10^2$	1
90cm	$5.3 \times 10^2$	$< 10^2$	1

収穫後菌密度	発病ポテンシャル
$9.0 \times 10^4$	3
$8.1 \times 10^3$	2
$< 10^2$	1

土壌採取深度	バスアミド処理 無被覆 菌密度		発病ポテンシャル
	消毒前	消毒後	
30cm	$1.2 \times 10^4$	$9.8 \times 10^2$	2
60cm	$1.6 \times 10^3$	$9.5 \times 10^2$	2
90cm	$1.1 \times 10^3$	$< 10^2$	1

土壌採取深度	無処理区 菌密度		発病ポテンシャル
	—	—	
30cm	$5.5 \times 10^3$	$5.3 \times 10^3$	2
60cm	$2.0 \times 10^3$	$2.5 \times 10^3$	2
90cm	$5.3 \times 10^2$	$1.6 \times 10^3$	2

台木別 発病株数	総株数	6月	7月	8月	9月	10月
台太郎	10/10/10	0/0/1	0/1/4	0/1/4	0/1/4	0/1/4
トルバム	30/30/21	0/0/0	0/3/2	2/8/17	3/8/17	3/8/17

被覆区/無被覆区/無処理区

表. 発病株の推移

### 無被覆区

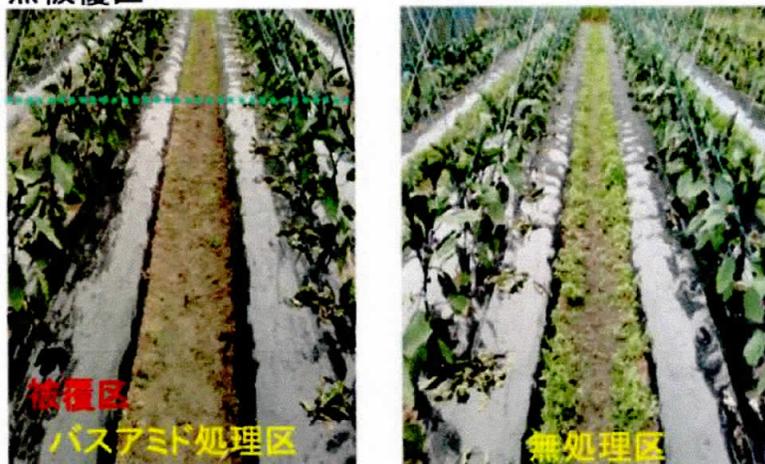


写真. バスアミド処理後の圃場の様子

## 2) 線虫防除によるハクサイ黄化病対策

茨城県では黄化病対策としてバスアミド等を使用している。秋冬はくさいでは耐病性品種の使用により以前より被害は減少しているが、春はくさいでは耐病性品種が無い。

ハクサイ黄化病のヘソディムマニュアルには「本病はキタネグサレセンチュウにより発病が助長される」との記載がある。また、診断項目にキタネグサレセンチュウ密度がある。防除対策メニューには「耐病性品種」「緑肥」「土壌消毒」「輪作」の記載はあるが粒剤による線虫防除については書かれていない。以上のことを踏まえ、ネマキック粒剤で線虫防除を行った場合の黄化病への影響について検討することとなった。

試験概要：試験地は茨城県現地圃場、供試作物ははくさい（品種：春ひなた）、試験区はネマキック粒剤 20 kg/10a 処理とした。2018年2月18日に粒剤を混和処理し3月中旬に定植を行った。調査は処理前と収穫時に土壌採取してベルマン法にて線虫密度を、生育期間中に黄化病発病株数を調査した（前年夏期にバスアミド 30kg/10a 処理後秋冬レタス作付）。

結果は下表のとおりである。ネマキック処理区の線虫密度が低くなったとともに、発病株率は 18.1 と無処理区の 60.6 と比較して低く、高い効果が認められた。

本試験では土壌分析はほとんど活用しなかったが、現地でのネマキック粒剤推進のために今後は土壌分析室を活用して試験を行う予定になっている。

試験区	線虫密度 (頭/土壌20g)		黄化病発病株率		
	処理前	収穫時	調査 株数	発病 株数	発病 株率
ネマキック 20kg/10a	13	1	432	78	18.1
無処理	21	165	426	258	60.6



無処理区                      ネマキック区

表. 線虫密度と発病株率

写真. 処理後の圃場の様子

4. 今後の課題については以下の項目があげられる。

(1) 診断の基準となる要防除水準が設定されていない病害虫が多い

- 病害虫診断は結果の報告だけではなく対策についてもフィードバックする必要あり
- 土壌の病害虫については要防除基準が設定されているものが少ない  
日本独特の土壌種の多さ・気象要因などの地域間差が多いことが主因

⇒ 各指導機関との連携を図りながら対応

(2) 状況に応じたサンプリング方法が徹底されていない

- 土壌の病害虫診断および密度検定についてはサンプリング方法により大きく数値が振れる可能性あり

⇒ その圃場の潜在的な発病・被害発症の可能性を探るため、前作に最も発生が多かった場所からの土壌採取およびサンプリング方法の実施を流通関係者の協力も得て要請していく

(3) 圃場の状況等 情報の不足

- 診断結果から対策を導き出すためにも 前作の被害状況・残さ処理・栽培履歴など圃場の情報も非常に重要となる

⇒ 問診回答の協力要請・流通関係者との連携

(4) 技術面の充実

- 生産者の信頼を得るためにも社員の技術力向上（土壌医、技術士等の資格取得）

⇒ 指導機関とも連携しながら実績を積み重ねていく

- 新しい分析項目の追加

おわりに

安定した農作物の生産のためにも、農業の基本である土づくりにおける土壌病害虫診断の必要性は今後より高まっていくものと思われる。各指導機関、流通関係者とも連携しながら課題に向き合っていくとともに、少しでも生産者に貢献できるよう土壌分析事業を進めていきたい。

## 生物的防除部会

### 2019年度 第1回講演会のお知らせ

下記のとおり生物的防除部会 2019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 : 2019年6月18日(火) 午後3時00分~5時00分  
場所 : 東京農業大学 1号館 4階 444教室  
世田谷キャンパス案内図参照  
講演会 :  
演題1 「全国の虫塚の歴史的背景と変遷—害虫・益虫・ただの虫—」

昆虫芸術研究家(東京農業大学生物的防除部会幹事)

柏田 雄三 氏

#### < 講演要旨 >

農耕が始まって以来、人々は害虫の被害に悩まされてきた。耕種的防除法、生物的防除法、物理的防除法、化学的防除法、あるいはこれらが組み合わされたが、異なる方法での防除も近年まで行われていた。「呪術的防除法」ともいえるもので、「虫送り」はその典型である。害虫を供養する「虫塚」も静的な意味で害虫防除に連なる。しかし、時代を下ると虫塚は害虫供養から離れ、試験研究機関、博物館での研究や展示、害虫根絶の記念、蚕やミツバチなど有用昆虫の供養・感謝などへと目的を広げた。全国に点在する「虫塚」を示しながら、人間と昆虫とのかかわりについて考える。

演題2 「微生物農薬による病害虫デュアルコントロールの可能性」

(国)農研機構 野菜花き研究部門 主任研究員 飯田 祐一郎 氏

#### < 講演要旨 >

微生物殺虫剤に有効成分として含まれている一部の昆虫寄生性の糸状菌は、植物との親和性によってエンドファイトやエピファイトとして機能することや、病害に対する防除効果が報告されている。微生物殺虫剤の病害防除効果を解明することで、病害と虫害の同時防除が可能となり、作業時間の省力化や経費削減に寄与すると考えられる。我々が進めている微生物殺虫剤の野菜類うどんこ病に対する防除効果や、昆虫寄生菌の植物体内外における動態解析について紹介する。

講演会終了後、講演者らを囲んでの懇親会（参加費 3000円）を予定しています。  
ぜひご参加ください。

お申込みの際は

所属・お名前・講演会への参加・懇親会への参加をお知らせください。

¶ 講演会への参加申し込み・お問い合わせは

生物的防除部会事務局 厚井 隆志 [takashi.koi@nifty.ne.jp](mailto:takashi.koi@nifty.ne.jp) まで  
お願い致します。

## 2019年度 総会開催のお知らせ

2019年度、生物的防除部会の総会を下記の通り開催いたしますのでご多用とは思いますが、会員各位のご出席をお願い致します

### 記

日時： 2019年6月18日（火） 午後2時～午後2時30分

場所： 東京農業大学 1号館 4階 444教室  
世田谷キャンパス案内図参照

議題： 1) 2018年度事業報告および会計報告、監査報告  
2) 2019年度事業計画案および予算案  
3) 幹事改選および役割分担  
4) 会則改正について  
5) その他

# 東京農業大学世田谷キャンパス へのアクセス



- 小田急線**
  - ◆ **経堂駅下車**  
徒歩 約15分
  - ◆ **千歳船橋駅下車**  
徒歩 約15分  
バス 約5分 <千歳船橋駅～農大前>  
東急バス 渋谷駅行…(洗23) 等々力操車所行…(等11) 用賀駅行…(用01)
- JR山の手線**
  - ◆ **渋谷駅下車(渋谷駅西口)**  
バス 約30分 <渋谷駅～農大前>  
小田急バス 成城学園前駅西口行…(洗24) 調布駅南口行…(洗26)  
東急バス 成城学園前駅西口行…(洗24) 祖師ヶ谷大蔵駅行…(洗23)
- 東急田園都市線**
  - ◆ **用賀駅下車**  
徒歩 約20分  
バス 約10分 <用賀～農大前>  
東急バス 世田谷区民会館行…(園02) 祖師ヶ谷大蔵駅行…(用01)

学部 応用生物科学部・地域環境学部・国際食料情報学部・短期大学部  
住所 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

## 世田谷キャンパス

## SETAGAYA CAMPUS



東京農業大学総合研究所研究会  
生物的防除部会(部会長 根本 久)

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](mailto:t3adati@nodai.ac.jp)