

# アриста IPM 通信

日頃より弊社製品をご愛顧いただきありがとうございます。

今年9月に東京で開催された日本生物防除協議会(会員はアриста含む9社)において「生物農薬の利用促進に関する提言」が採択されました。

これは国内農業の発展のために生物農薬の健全なる利用促進と発展を目指し、様々な活動を行うことを宣言するものです。具体的には以下のような方法の実施を検討します。

1. 消費者、農産物流通業界への生物農薬の技術情報を公開し、利点と必要性を訴求する。
2. 官公庁に対し生物農薬の利用促進を政策として取り上げることがを要望する。
3. 上記を目的としたマスコミへの効果的なアプローチを実施する。
4. 各都道府県に対し生物農薬使用を前提とした防除暦の提案を進める。

私たちはアриста IPM 通信や各地の営業担当者を通じて、生産者の皆さんに役立つ生産資材の情報提供をしていきたいと考えています。今後ともアриста IPM 通信をよろしくお願いいたします。

アスタライフサイエンス(株) マーケティング部 部長 梶田 信明

## <目次>

<a href="#">お知らせ・適用拡大のお知らせ</a> .....	P.2	前編
<a href="#">1. 茨城県の促成栽培ピーマンでリモニカを試験して</a> .....	P.4	
<a href="#">2. 天敵利用は基本が一番！ 守ってますか？忘れてませんか？</a> .....	P.5	
<a href="#">3. 新しい農業と「バイオスティミュラント」の必要性について(3)</a> .....	P.7	
<a href="#">4. 昆虫病原糸状菌の昆虫への病原性以外の重要な特性とその作用</a> .....	P.12	後編
5. イチゴ本圃におけるミヤコカブリダニ製剤の分散性の違い .....	P.2	
6. バイオスティミュラント(肥料)「ハーモザイム」の枝豆への適用について .....	P.6	
7. マルハナバチの利用方針に基づく、在来種マルハナバチへの転換とその利用方法について .....	P.9	
〈特約店の声〉 大信産業株式会社 営業推進部 .....	P.10	
〈海外ニュース〉 .....	P.12	
さいごに .....	P.14	

<お知らせ>

☆ ナチュポールスタンドが当たる、「ナチュポール®25周年ありがとうキャンペーン」はお陰様で終了いたしました。

皆様からのたくさんのご応募に感謝申し上げます！



<適用拡大のお知らせ>

☆天敵殺虫剤『スワルスキー®』が、「なす(露地栽培)」の「チャノホコリダニ」にも使えるようになりました。

【適用害虫と使用方法】

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	スワルスキーカブリダニを含む農薬の総使用回数
野菜類 (施設栽培)	アザミウマ類 コナジラミ類 チャノホコリダニ	250～500mL/10a (約 25000～ 50000 頭)	発生直前 ～ 発生初期	—	放飼	—
なす (露地栽培)	アザミウマ類					
	チャノホコリダニ	250mL/10a (約 25000 頭)				
豆類(種実) (施設栽培)	アザミウマ類 コナジラミ類 チャノホコリダニ	250～500mL/10a (約 25000～ 50000 頭)				
いも類 (施設栽培)	アザミウマ類 コナジラミ類 チャノホコリダニ	250～500mL/10a (約 25000～ 50000 頭)				
果樹類 (施設栽培)	ミカンハダニ	2.5～10mL/樹 (約 250～1000 頭)				
マンゴー (施設栽培)	チャノキイロアザミウマ	2.5mL/樹 (約 250 頭)				
花き類・ 観葉植物 (施設栽培)	アザミウマ類	500mL/10a (約 50000 頭)				



スワルスキー放飼の様子

<適用拡大のお知らせ>

☆天敵殺虫剤『スワルスキー®プラス』が、「なす(露地栽培)」の「アザミウマ類」にも使えるようになりました。

【適用害虫と使用方法】

作物名	適用病虫害名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	スワルスキーカブリダニを含む農薬の総使用回数
野菜類 (施設栽培)	アザミウマ類 コナジラミ類 チャノホコリダニ	100～200パック /10a (約 25000～ 50000 頭)	発生 直前 ～ 発生 初期	—	茎や枝等に 吊り下げて 放飼	—
豆類(種実) (施設栽培)						
いも類 (施設栽培)						
<b>なす</b> (露地栽培)	<b>アザミウマ類</b>					
果樹類 (施設栽培)	ミカンハダニ	1～4パック/樹 (約 250 ～1000 頭)				
マンゴー (施設栽培)	チャノキイロアザミウマ					
花き類・ 観葉植物 (施設栽培)	アザミウマ類	200パック /10a (約 50000 頭)				



なすの葉裏のスワルスキー

## 1. 茨城県の促成栽培ピーマンでリモニカを試験して

アリスタ ライフサイエンス(株) 茨城県フィールドアドバイザー 白井 謙一

茨城県神栖市を中心としたピーマン栽培では、アザミウマ類が媒介する黄化えそ病の発生が常態化しており、年により大きな被害を受けてきた経過がある。

平成 14 年ごろからアザミウマ類防除のためタイリク(タイリクヒメハナカメムシ)が導入され、アフィパール(コレマンアブラバチ)とともに普及しつつあった。しかし、平成 17 年ごろから薬剤抵抗性の発達したタバココナジラミバイオタイプ Q が発生した。

タイリクはタバココナジラミをほとんど捕食しないため、天敵のエルカード(サバクツヤコバチ)を導入し検討されたが、ゼロ放飼ができない天敵であるため、放飼タイミングが難しく効果が不安定であった。そのため天敵の導入を断念して、従来の化学農薬の防除にもどる生産者が多く、天敵利用者が激減した。

その後、平成 20 年にスワルスキー(スワルスキーカブリダニ)が農薬登録を取得した。

スワルスキーはピーマンでの定着と増殖が良く、問題となっているコナジラミ類とアザミウマ類など複数の害虫を捕食することから高い評価を受け、天敵を主体とした防除体系の確立・普及が進められ、半促成栽培と抑制栽培の作型ではスワルスキーとタイリクの併用による防除体系が確立した。しかし、冬期間を経過する促成栽培ではスワルスキーとタイリクの定着、増殖に厳しい環境であり、天敵の利用が進んでいなかった。

このような中、平成 27 年にリモニカ(リモニカスカブリダニ)が農薬登録を取得した。

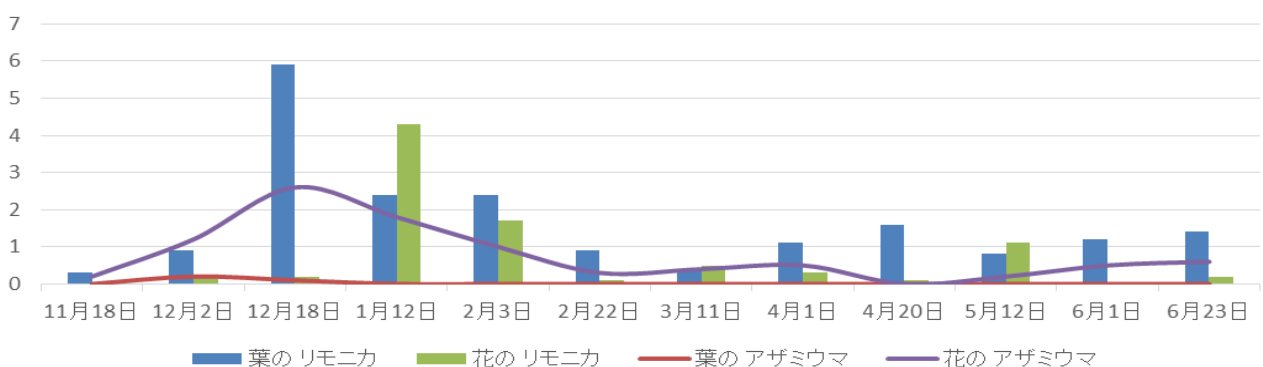
リモニカはスワルスキーより低温に強く、アザミウマ類、コナジラミ類の老齢幼虫も捕食可能という特長がある。促成栽培におけるリモニカのアザミウマ類、コナジラミ類の防除効果を試験したので、その 1 例を紹介する。

ハウスの面積は 15a、品種は「みおぎ」、定植は平成 27 年 10 月 23 日である。リモニカは 10 月 30 日に 2 本放飼した。また、11 月 25 日にホリバー ブルーを 180 枚、イエローを 50 枚設置した。

リモニカの放飼量がやや少なく、放飼後 1 ヶ月間は定着にばらつきが見られ、12 月にはミカンキイロアザミウマの被害が少し見られた。しかし、リモニカは増殖が速く、12 月から 1 月にはリモニカが増加し、花でも多く確認できた。その結果、2 月以降はアザミウマ類の発生を抑えることができた。

コナジラミ類の発生はほとんど見られなかった。化学合成殺虫剤の散布は延べ 11 剤で茨城県の特別栽培農産物栽培基準の約 50%減に抑えられた。促成栽培ピーマンにおいて、リモニカの防除効果が高いことが実証され、天敵を主体とした防除体系の確立が期待される。

リモニカとアザミウマの頭数  
(1 葉、1 花 当り)



## 2. 天敵利用は基本が一番！守ってますか？忘れてませんか？

### ～～施設果菜類でのスワルスキー利用を中心に～～

アリスタ ライフサイエンス(株) 熊本県フィールドアドバイザー 荒木 均

経済活動の要因分析として良く使われるものにパレートの法則（2:8の法則）というものがある。

この法則は、社会生活の至るところで、要因分析手法として利用されている。

例えば、農業経営の所得目標を達成するためには、その重要となる構成要件の2割を解決すれば8割は達成するといったものである。これを、天敵利用防除でとらえると、重要な問題の2割をおさえれば8割は達成できるということになる。

私の経験則から言えば、天敵利用について3つのポイントを基本遵守事項として実行すれば、ほぼ目標通りの防除ができると実感している。

#### 天敵利用 3つのポイント

その1 定植後、2週間以内をめどに早めの放飼を守ること。

その2 ゼロ放飼防除(天敵放飼前に害虫防除を徹底)を守ること。

その3 放飼後は天敵にやさしい農薬使用を守ること。

～～作業のあいま、葉や果実の害虫観察を忘れずに～～

#### その1 定植後、2週間以内をめどに早めの放飼（遅くとも3週間以内）を順守する。

スワルスキーを中心に、その基本放飼量は、10a 当たり5万頭（2ポトル）となっている。この5万頭が定植株の葉の1枚、1枚に定着・増殖し防除効果を発揮していくには一定期間を要する。

定植時には、ポット苗へ害虫防除の粒剤や灌注処理をされていると思うが、この処理効果が少しでも有効なうちに、スワルスキーを定着させ、葉裏などで生まれてくるアザミウマの幼虫などを捕食する態勢をつくりだすことが重要である。

定植後2週間位では作物の展開葉数も5～8枚程度でスワルスキーの定着も早いですが、1か月もすれば葉数も倍以上になり定着も遅れる。また、促成作など冬場に入る作だと最低夜温も低くなっていくため、その分スワルスキーの増殖も遅く活動も緩慢となる。

巡回してみると、天敵放飼が遅れている事例が良くある。

農作業に忙しい毎日、「定植して一安心」ではなく「天敵を放飼して一安心」の習慣にしたいものである。

#### その2 ゼロ放飼防除を順守する。

定植から天敵を放飼するまでの2週間のうちに、いかに害虫密度をゼロにするかが、その作全体での天敵利用を大きく左右する。

スワルスキーの捕食対象害虫(アザミウマ類、コナジラミ類、チャノホコリダニ)やその他の害虫を含めて極力ゼロにするため、天敵にも強い影響のある農薬(散布後7日程度の影響)を選択し防除をする。

これら農薬は天敵放飼後には使えない。また、購入苗の場合は、農薬散布履歴を確認することを忘れてはならない。

ゼロ放飼防除をしたとしても、ハウス内の土中にあるアザミウマ類の蛹、散布ムラで残っている害虫、外から飛び込む害虫などがあるということを思い防除に徹することが大事である。

スワルスキーは、これら害虫の卵や幼虫を捕食しながら、ハウス内で「害虫を増やさない防除」に貢献する。

天敵放飼後、これら害虫密度が高いとバランスが崩れ、スワルスキーが増えても害虫の成虫が増えて抑制できないようである。

天敵放飼前に「親の敵と思ひ害虫防除を徹底すること」が肝心！！！！

### その 3 天敵にやさしい農薬使用を順守する。

過去には、天敵に対する農薬の影響などが不明で、効果が発揮できないといった時代もあったようである。

現在では、日本生物防除協議会(旧バイオロジカルコントロール協議会)などの研究努力で登録農薬毎の天敵影響実証試験や影響度のランク付けなどの整理が進み、「農薬影響表」として公表され大幅に農薬の選択がしやすくなっている。

この影響表は、農薬毎に◎天敵への影響が少ない(0日)、○天敵に多少影響あり(約7日)、△天敵に影響あり(約7日~14日)、×天敵に強い影響、使用しない(約20日~80日以上)の4つに分類されている。

この表をもとに、天敵放飼後は、天敵の安定的な定着を図るために7日~14日間農薬散布を我慢し、その後、病害虫の発生程度を見ながら、◎農薬のみを選択して散布。

どうしても◎農薬だけではむずかしい場合、葉裏の天敵を観察して、増えていれば、○の農薬を選択し極力回数を少なく使用。

また、化学農薬と微生物殺虫剤との混用散布や気門封鎖剤などのスポット散布なども効果的である。

現場巡回で、「スワルスキーを放飼しても、放飼しても増えない」といわれ、よく聞くと「影響のある展着剤をいつも使っていた」などの農薬使用間違い事例も数多い。

**この農薬は「大丈夫だろう」と思わず「今一つたしかめてみる」行動を!!!**

おしまいに、ちょっと一服、作業の合間をぬい、虫眼鏡などを使い、天敵や害虫の観察をしてみると興味が湧いてくるものである。



### 3. 新しい農業と「バイオスティミュラント」の必要性について(3)

#### － 代表的なバイオスティミュラント －

アリスタ ライフサイエンス(株) プロダクトマネージャー(バイオスティミュラント担当) 須藤 修

前号までにバイオスティミュラントの定義について説明いたしました。

今回は代表的なバイオスティミュラントについて詳しく述べていきます。

バイオスティミュラント学という体系的な学問が未だ確立していませんので、賛否を覚悟で大胆にグループ分けにチャレンジしてみました。まずは資材の種類ごとに6つのグループに分類を試みました。

#### バイオスティミュラント資材の分類

1. 腐植質資材 (腐植酸 [フミン酸]、フルボ酸)
2. 海藻および海藻抽出物
3. アミノ酸資材
4. 微量ミネラル、ビタミンなど
5. 微生物資材
6. 植物機能刺激成分 (植物エキスなど)

現在流通されている多くの農業資材を調査すると、上記の分類に収まりきらない場合や、複数の分類に跨っている場合もあろうかと思いますが、まずはこの6つのグループについて説明を始めていきたいと思っています。

#### 1. 腐植質資材 (腐植酸 [フミン酸]、フルボ酸)

腐植質は動植物の遺骸が長い年月にわたって地中に埋もれ、分解や合成を繰り返してできた茶褐色の物質です。酸性の水溶液に溶けるかどうかでフミン酸、フルボ酸に分類されます。

腐植質資材は、

- ① 土壌の団粒化を促す「物理的土壌改良効果」
- ② 植物ホルモンなどの分泌を促し、呼吸や酵素の活性を高める「生長刺激効果」
- ③ 植物に必要な栄養成分を効率的に保持し土壌の緩衝能力を高める(塩基置換容量の増大)  
「化学的土壌改良効果」

などの作用を持っていると言われています。

腐植質資材は、土壌を柔軟にして通気性、保水性を高めます。

また、栄養成分を豊富に保持することにより健全な植物を作ります。

これにより急激な環境変化によるストレスに対しても対抗できる力をつけてくれます。腐植質を多く含む土壌には、土壌微生物が活発に増殖しますので、植物をとりまく物質循環も活発になります。今後、有機農業への応用として利用される場面は益々増えていくでしょう。



#### 2. 海藻および海藻抽出物

ヨーロッパの農業では、海藻や海藻抽出物を用いた活力資材が積極的に利用されています。

我が国においても、古くから農家の知恵と経験の中で海藻を田畑に撒いていたという話は珍しくありません。

海藻の成分にはカリウムやカルシウム、マグネシウムが豊富に含まれていて、良質な有機肥料資材であるということがわかります。しかし、近年はこれらの肥料成分以外の植物活性成分が豊富に含まれていることが分かってきました。

ヨーロッパを中心に利用されている「アスコフィラム・ノドサム」という海藻を例に挙げると、この海藻には、アルギニンなどの天然のアミノ酸、アルギン酸、ラミナラン、マンニトール、フコイダン等の多糖類、各種ビタミン、オーキシン、サイトカイニン、ジベレリンなどの天然の植物ホルモンが含まれています。



アスコフィラム・ノドサム  
(*Ascophyllum nodosum*)  
(干満の差の大きい海岸の浅瀬に生息 フランス)

ある種のアミノ酸や多糖類は「適合溶質」と呼ばれる機能を持つ物質で、植物体内の浸透圧を正常な状態に保つ役目を持っています。このため、海藻資材を利用することによって、高温や乾燥による水ストレスに対抗できる健全な植物を得られることが分かってきました。



ラミナリア・デジタータ  
(*Laminaria digitata*)

さらに興味深い話として、コンブの仲間である「ラミナリア・デジタータ」という海藻からはラミナランという物質が豊富に得られますが、このラミナランという物質には全身獲得抵抗性(SAR)という効果があることが分かっています。SARは動物に見られる自然免疫に似ており、植物自身が病害に対する抵抗を強化していきます。

海藻資材は、たとえば葉面散布を行うことで、植物の生長促進、微量元素の補給、増収や品質改善効果、病害に対する抵抗性付与など、様々な効果が今後注目を集め期待されるどころです。

### 3. アミノ酸資材

植物は無機態の窒素を根から吸収していますが、これらの窒素成分は植物体内でアミノ酸に変化し、最終的にはたんぱく質が作られます。

多くは酵素として働き、特に光合成において二酸化炭素を固定する酵素「ルビスコ」は植物に大量に含まれ、地球上で最も多いたんぱく質とも呼ばれています。

アミノ酸資材は、この反応経路をショートカットして、たんぱく質の前物質であるグルタミン酸などを葉面散布などの方法で与えてやろうという考えから生まれました。

アミノ酸資材は、たんぱく質を加水分解する方法、微生物発酵による方法、コンブなどのアミノ酸を多く含む植物から抽出する方法などを経て生産されています。

植物に吸収されたアミノ酸は直接利用されます。

植物体内におけるアミノ酸の合成には相応のエネルギーが必要ですが、アミノ酸を散布するとエネルギーを温存できるため、作物が弱っている時の使用が特に有効であると言われています。

曇天が続き光合成が上手く行えない場合や、作物が外的なストレスを受けている場合に適しています。

エネルギーを使わなければ余分な糖の分解もさげられますので、糖度をアップし、味をよくする効果も期待できます。

アミノ酸資材の原材料は様々な動植物資材が利用されます。「さとうきび」や「とうもろこし」から糖を得る際の産物としてグルタミン酸が得られるほか、魚介類の発酵、或いはいわゆる「ぼかし肥料」の製造方法として、米糠、油粕、大豆粕を用いる方法など、様々な経路でアミノ酸は得られます。



さとうきび(糖蜜の副産物として  
グルタミン酸が得られる 沖縄)



植物から得られるエキスや微生物の発酵を利用した場合は、オーキシシンやサイトカイニンなどの天然の植物ホルモンや植物に対する生理活性物質が含まれていると言われています。これらの物質が「根量をアップする」、「結実を促進する」「健全な植物体を作る」など、以前では伝承のなかで知られてきた事例に結びついているのかも知れません。近年、様々な分析技術の進歩により、これらのメカニズムが解き明かされてきました。

#### 4. 微量ミネラル、ビタミンなど

微量元素の一部は普通肥料の公定規格において肥料として取り扱われていますが、モリブデン、銅、亜鉛、マンガン、鉄、ホウ素、塩素などの微量成分は作物の生体内の生理活性に常に強く関わっており、これらが不足しても過剰になっても生育に影響を及ぼしますので、バイオスティミュラントとして取り扱っても良いと思います。

微量元素はもともと土壌中に存在しますので、特段施用する必要はないという考えもありますが、近年では土壌分析にもとづいて積極的に施用する場面も増えてきています。

水耕栽培などの土を使わない農法においては、微量元素の補給のコントロールは必須になりますので、化学合成された肥料資材で管理されます。

微量元素は敷き藁や堆肥、動植物由来資材の中にも含まれています。

天然由来資源を農業に積極的に取り入れることは、土壌(岩石)と生物の間で常に循環しているミネラル(微量元素)を上手に利用する方法そのものであると言えます。

また、微量元素の必要性は植物を取り巻く微生物にも欠かせないものです。微生物は様々なミネラルを取り込み、その体内で物質の合成や代謝を行っています。微量元素やビタミン類は、合成・代謝に必要なたんぱく質(酵素)の構成材料であり、時としてこれをサポートする物質です。

植物は常に周りの環境と一体の相互関係の中で生きており、全体でひとつの生命であるかのようにふるまっています。

#### 5. 微生物資材

植物の根は単に水と肥料を吸収する器官ではありません。実際には、根の周りに生息する様々な微生物との相互作用により植物の健全性を維持しています。

私たち人間の健康に関わる腸内細菌の集団(腸内フローラ)が存在するように、植物の根には共生する土壌微生物が深く関わっています。この共生関係全体を指して「根圏」と呼んでいます。

根圏に生息する微生物の中には、植物の生育を促進するものがあります。この関係性を農業資材としてうまく利用して、植物を健全に栽培する技術が近年普及しています。これらの微生物が植物の生育を促進するメカニズムはいくつかありますので、まず代表的な作用をご紹介します。

##### ① 有害微生物の抑制

土壌微生物たちは常に栄養分をめぐるその生息域の取り合いを行っています。ある微生物が増殖することで、有害微生物の増殖が抑制されることを拮抗作用と呼んでいます。

また、微生物の中には有害微生物に対する抗菌物質を生成するものや、有害微生物に直接取り付けて溶かしてしまう強者もいます。ある種のトリコデルマ菌が有害微生物の細胞壁をセルラーゼという酵素で溶かし、細胞を崩壊してしまう事例は学術的に確認されています。



トリコデルマ菌の菌糸が病原菌の菌糸に寄生

## ② 土壤有機物の分解

根粒菌はマメ科の根部に共生し、空中窒素を固定した後に肥料成分として植物に与えています。その代わりに根粒菌は植物から同化産物である糖分をもらっており、ギブアンドテイクの見事な関係が成立しています。アーバスキュラー菌根菌は土壤中の固定化されたリン酸を植物が吸収可能な形態に変換して与えています。

## ③ 植物ホルモンの生成

ある種の根圏微生物はオーキシシン、ジベレリン、アブシジン酸などの植物ホルモンを生成していると考えられています。この植物ホルモンが植物の生長にどのように関与しているのか、まだ不明部分は多いようですが、微生物が植物の生長そのものを制御しているとは実に興味深い話です。

主な有用土壤微生物を以下に示します。

### ・アーバスキュラー菌根菌(VA菌根菌)

植物と共生する菌類。植物にはリン酸や窒素を供給します。植物からは光合成で作られた糖を受け取っています。菌根菌と共生する植物は成長が促進されます。

### ・根粒菌

マメ科植物の根に根粒を形成し、大気中から取り込んだ窒素をアンモニア態窒素に変換する土壤微生物。植物からは光合成産物が供給されます。

### ・バチルス(納豆菌など)

堆肥づくりに納豆菌を使用することにより、機能性のある堆肥を作ることができます。植物ホルモンであるサイトカイニンやビタミンを生成することが知られています。

### ・酵母菌

植物ホルモンであるオーキシシンを生成し、花を大きくします。根の周辺で酵母菌が死ぬと、菌体から、アミノ酸、ミネラル、核酸、植物ホルモン、ビタミンなどの生理活性物質が放出されます。植物はこれらを容易に吸収することができると言われています。

### ・トリコデルマ菌

植物の根圏に共生できるカビの仲間です。幅広い種類が存在しますが、農業用資材で利用されているものには、VA菌根菌同様、植物のリン酸や鉄の吸収を助けているものもいます。土壤微生物に対する拮抗作用を利用して植物の健全化資材として利用されています。

### ・放線菌

抗生物質を出して糸状菌の菌糸を溶かし、伸長を抑制します。フザリウム菌やピシウム菌などの土壤病原菌の細胞壁(キチン質)を溶菌し発病を抑制します。カニガラはキチン質を豊富に含むので、カニガラを土壤に施用することで放線菌を増やすことが可能です。

### ・光合成細菌

水田に生息する嫌気性の微生物です。光合成を行うユニークな細菌で、アミノ酸やビタミン、酢酸物質を生成します。紅色硫黄細菌は、光合成に硫化水素を使うので、硫化水素による根の障害予防に期待が持たれます。

有用微生物を農業場面に利用するときの最大の問題は、製品の品質安定です。

菌濃度の規格化、冷蔵保存の問題など、課題は多数ありますが、微生物の幅広い効果に触れるにつけ生物が持つ力の豊かさに驚かされます。

## 6. 植物機能刺激成分(植物エキスなど)

植物機能刺激成分というグループ分けは、海藻もアミノ酸資材もこれにあたるので重複をしていますが、近年の植物生理学や工業生産技術の進歩により、新たなバイオスティミュラントの流れが生まれてきていますので、あえて別グループとして取り上げました。

植物エキスはもともと、植物が持っている栄養成分を利用する場合や、植物が身を守るための特定の成分を、農家が伝承的に活用していたものと考えます。その方法は、水抽出、アルコール抽出、煮沸、発酵などによるものです。植物の生命力をまるごと利用するという発想から始まった技術であると思います。

一方では近年の技術の進歩により、そのエキスの中の機能的な成分だけを取り出し、濃縮した資材も増えてきています。

植物生理学や分子生物学の進歩により、植物の内生サイトカニンやオーキシンの合成につかさどる生化学経路や酵素に関わる遺伝子を刺激する天然物などの解明もさかんに行われるようになりました。中には乾燥や低日照、塩害などの環境ストレスに耐性を付与する植物エキスなども発見、開発されており、将来の人口爆発と地球温暖化による食糧不足に対抗するための技術革新になるかもしれません。

以上、バイオスティミュラント資材のグループ分けにチャレンジしてみました。

バイオスティミュラントの明確な定義がない中で、体系的に分類をすること自体に相当な無理があるとは思いますが、今後新しいグループなども生まれ、それぞれの資材が農業生産に有益なものとなることを望みます。

次回はバイオスティミュラントとはどうしても切り離せない、植物生理学との関係について説明を加えていきます。



## 4. 昆虫病原糸状菌の昆虫への病原性以外の重要な特性とその作用

帯広畜産大学 環境微生物学研究室 小池 正徳

### はじめに

昆虫病原体として単独で扱われることが多い昆虫病原糸状菌が、害虫に病原性を有する微生物農薬としてだけでなく、植物病害抑制効果、植物生長促進効果などの特性を持っていることがここ 10 年で数多く報告されており、その研究の現状はすでに記した(小池・相内、2013, 小池、2014)。

これらのいまだ完全に解明されていない昆虫病原性糸状菌の生態学的役割は、昆虫および他の節足動物の有害生物に対する微生物農薬としてのみ昆虫病原性糸状菌を開発するため、その重要な特性を今まで見落としていたのではなかろうか。このような特性のさらなる役割は、IPM 戦略に用いて何らかの利点が考えられるのではないだろうか(Moonjely et al. 2016, Jaber & Ownley, 2017)。

現在までに昆虫病原糸状菌のゲノム解析や分子生物学的研究および植物—微生物(昆虫病原菌)—昆虫の三つ巴の相互作用の仕組みの理解が進むにつれて、なぜ昆虫病原糸状菌が上記のような特性を持っているのが徐々に明らかになってきた。本稿では最新の研究成果を紹介したうえで、著者らの研究成果の一部も報告したい。

### 1. 昆虫病原糸状菌はなぜエンドファイトの特性を持っているのか？

最近のゲノム解析のデータから、昆虫病原糸状菌で子のう菌類に属する *Metarhizium* 属菌、*Beauveria* 属菌、*Lecanicillium* 属菌と *Paecilomyces* 属菌は、グラスエンドファイトとして有名な *Epicloë* 属菌や麦角病菌を含む *Claviceps* 属菌と非常に近縁であることが分かった(図 1)。

また、*Metarhizium* 属菌、*Beauveria* 属菌は動物病原菌よりもエンドファイトや植物病原菌の方がより近縁であり、*Epicloë festucae* と *Metarhizium* 属菌は約 8800 万～1 億 1400 万年頃前に分岐したことが明らかになった。

さらに、*Metarhizium* 属菌は多くの植物分解酵素の遺伝子も保持しており、また、仮説であるが、昆虫病原糸状菌は植物関連菌類(植物病原菌・エンドファイト)から分岐し、昆虫病原性に係る遺伝子群は遺伝子重複や他の昆虫病原性菌類や昆虫を介して水平伝達により伝わり獲得したと考えられている(Moonjely et al. 2016, Wang et al. 2016)。

昆虫病原糸状菌は土壌中、植物の葉面、根面および内部、昆虫の表面や体内など様々異なった環境に生存している。それぞれの生態的ニッチにおいてマルチな機能を持った昆虫病原糸状菌は生存するために「表現型可塑性」や「遺伝子型可塑性」が必要になってくる。たとえば、昆虫の体表面や植物の根の表面に付着するときには *Metarhizium* 属菌はアドヘンシタンパク質の遺伝子 MAD1 と MAD2 をそれぞれうまく発現させている(Wang & St. Leger, 2007)。

おそらく植物体表面や内部、昆虫の体表や内部や土壌中等ではいくつかの遺伝子が機能的にオーバーラップして発現しているのではなかろうか、このような遺伝子の発現を追っていくことは、昆虫病原糸状菌の進化を知るうえで非常に重要になってくる。

もう一つの例は *Metarhizium* 属菌の病原性に係るサブチリシン様プロテアーゼの Pr1A が昆虫起源および植物起源の培地において高い発現量を示したもので(Wang et al. 2005)、ここでの紹介はわずかにとどめるが、このような病原性の発現に係る遺伝子や遺伝子発現のネットワーク等も次第に明らかになってきた(Wang et al. 2016)。

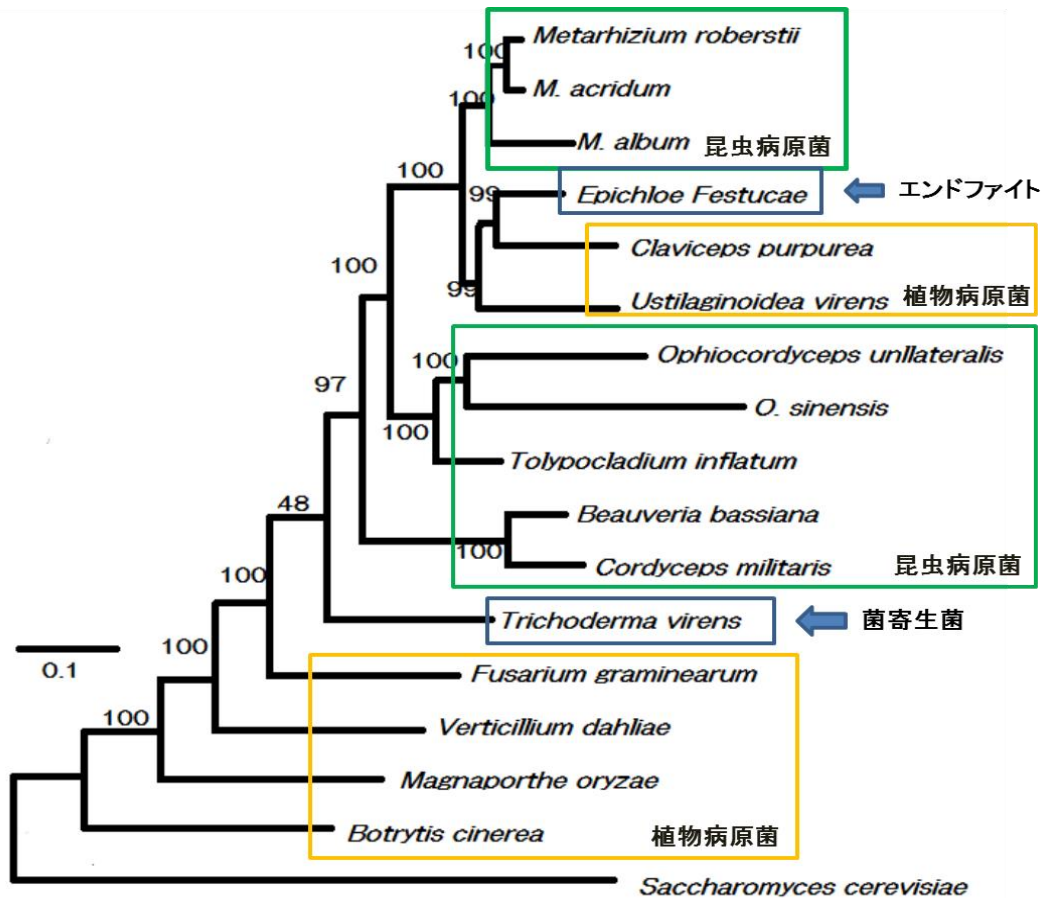


図 1. 子の菌類を中心とした寄生性菌類の分子系統樹 (Wang et al. 2016 を改変)

## 2. 昆虫病原糸状菌の根への定着

最近になって昆虫病原糸状菌は植物への内生や根への定着が報告されてきたが、これらの生存様式は本来の微生物農薬(微生物殺虫剤)としてだけでなく、PGPF (Plant Growth Promoting Fungi: 植物生長促進菌類)やバイオファーティライザー(生物肥料)などとして働く可能性が出てきた。

カナダ・ブロック大学の Sasan と Bidochka は、*Metarhizium robertsii* を用いたスイッチグラスとインゲンに対するエンドファイトおよび PGPF の効果を報告した(Sasan & Bidochka, 2012)。

彼らは *M. robertsii* に GFP 遺伝子を導入し、根部における感染過程を観察しただけでなく、植物の根毛表面に付着する機能を司るとされている MAD2 遺伝子をノックアウトした形質転換植物体を用い、植物への感染過程を光学顕微鏡により観察した。その結果、*M. robertsii* は根に感染させると根部の形成層、維管束部位にまで定着し、なおかつ主根の伸長、根毛の増加および足根の増加を誘導したことから、エンドファイトとして機能するだけでなく、PGPF としての効果もあることを報告した。

ただし、MAD2 遺伝子をノックアウトさせた系統は、まったく根面定着能やエンドファイトとしての機能を失ったわけではなく、これらの効果の遅延が認められたに過ぎず、MAD2 遺伝子のみが植物への定着能を司るのではないことが明らかになった。

さらに Bidochka のグループは上記の実験系を用い、*M. robertsii* の感染により致死した重窒素ラベルしたハチノスツヅリガ(Wax Moth)の死体から植物体の根へ直接、窒素が運ばれることを示した(Behie et al. 2012)。

この Science 誌に掲載された実験結果は非常にエレガントであり、従来は窒素固定菌や一部のエンドファイトのみで証明されていた植物への窒素固定能が、自然界に存在する昆虫病原糸状菌によっても生じることを初めて明らかにした。

これらの結果から、窒素だけでなく、おそらくリンに関しても、食虫植物が昆虫から直接的に摂取するよう、昆虫病原糸状菌を介して昆虫から植物体へ運ばれるものと推測できる。Bidochka が強調したのは、昆虫病原糸状菌は昆虫への病原性を進化させただけでなく、植物からも選択圧を受け、植物の生存に有利になるよう進化してきたのではないかということである(Moonjely et al. 2016)。

### 3. *Metarhizium anisopliae*

また *M.anisopliae* をタマネギ葉面への散布することによって、ネギアザミウマの密度増加を抑制させた報告がある(Maniania et al. 2003)。著者ら(野沢ら、未発表)は、タマネギの初期生育に *M.anisopliae* がどのような影響及ぼすのかを明らかにするために、種子に菌を処理し、インキュベーター内で育成し(25±1°C、明期 12 時間、暗期 12 時間)、10、20、30 日目の生育および根、茎、葉からの *M.anisopliae* の検出率を調べた。

その結果、草丈、生重、乾物重ともに菌処理区のほうが高い傾向にあった(図 2)。

さらに、各組織化からの検出率は葉が約 60%、茎が約 70%、根からは約 80%検出され(図 3)、根の切片を顕微鏡で観察したところ維管束周辺部に *M.anisopliae* の菌糸が確認された(図 4)。

まだ予備試験の段階だが育苗トレイに *M.anisopliae* を処理した苗を畑に植えたところ、アザミウマ類の食害痕や乾腐病の発病に抑制傾向が認められたので、今後さらに検討していきたい。

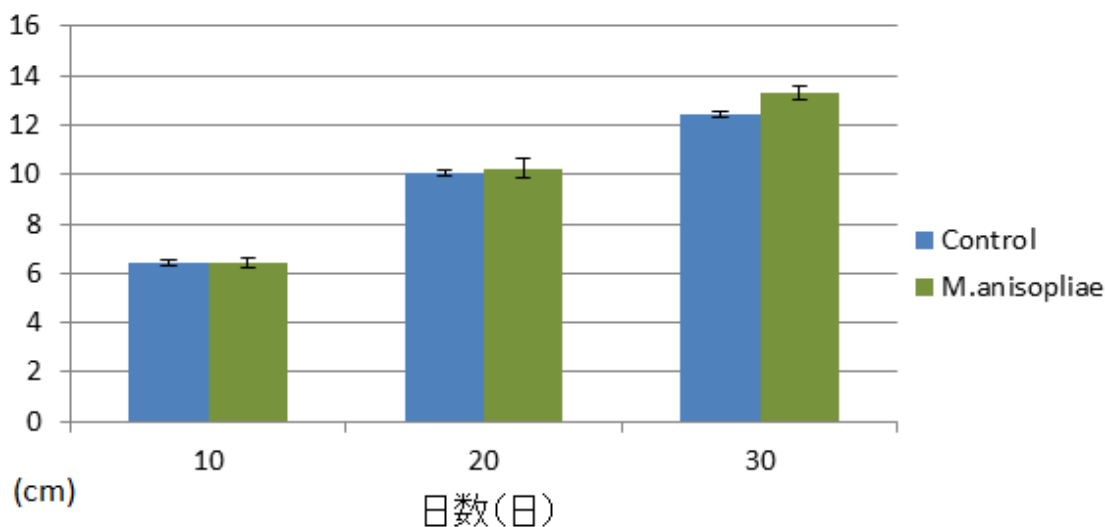


図 2 *Metarhizium anisopliae* の生長促進効果

分生子(1×10<sup>6</sup>)懸濁液に種子を 10 時間浸漬したのちに室内のインキュベーターで生育させた時の草丈の推移(生重、乾物重も同様な推移を示した)

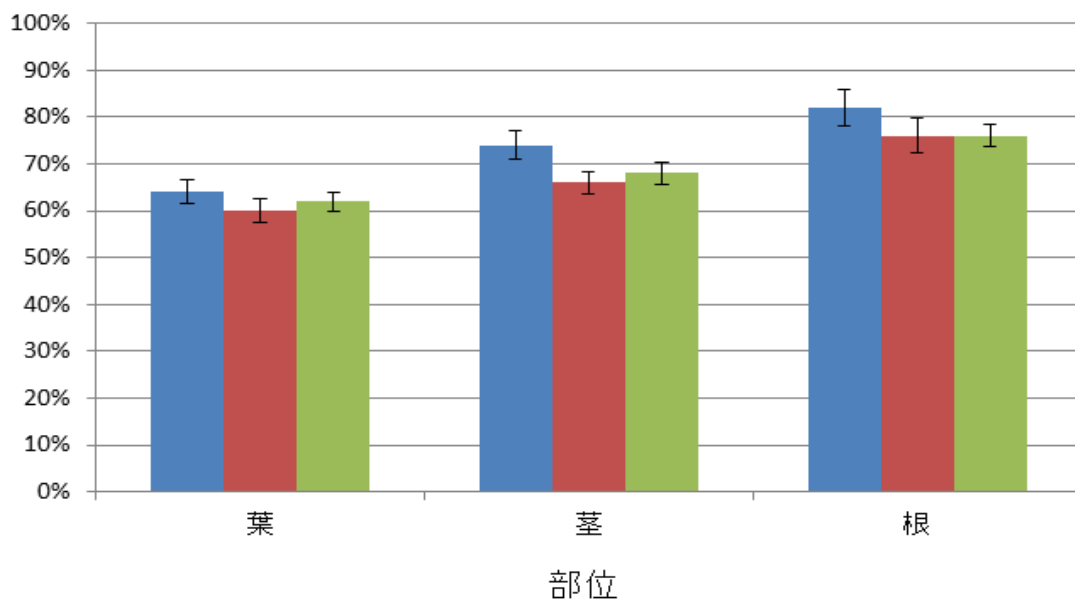


図 3 タマネギ苗からの *Metarhizium anisopliae* の検出率  
左からそれぞれ 10、20、30 日目の苗の各部位を表面殺菌後、培地に置床した時の検出率

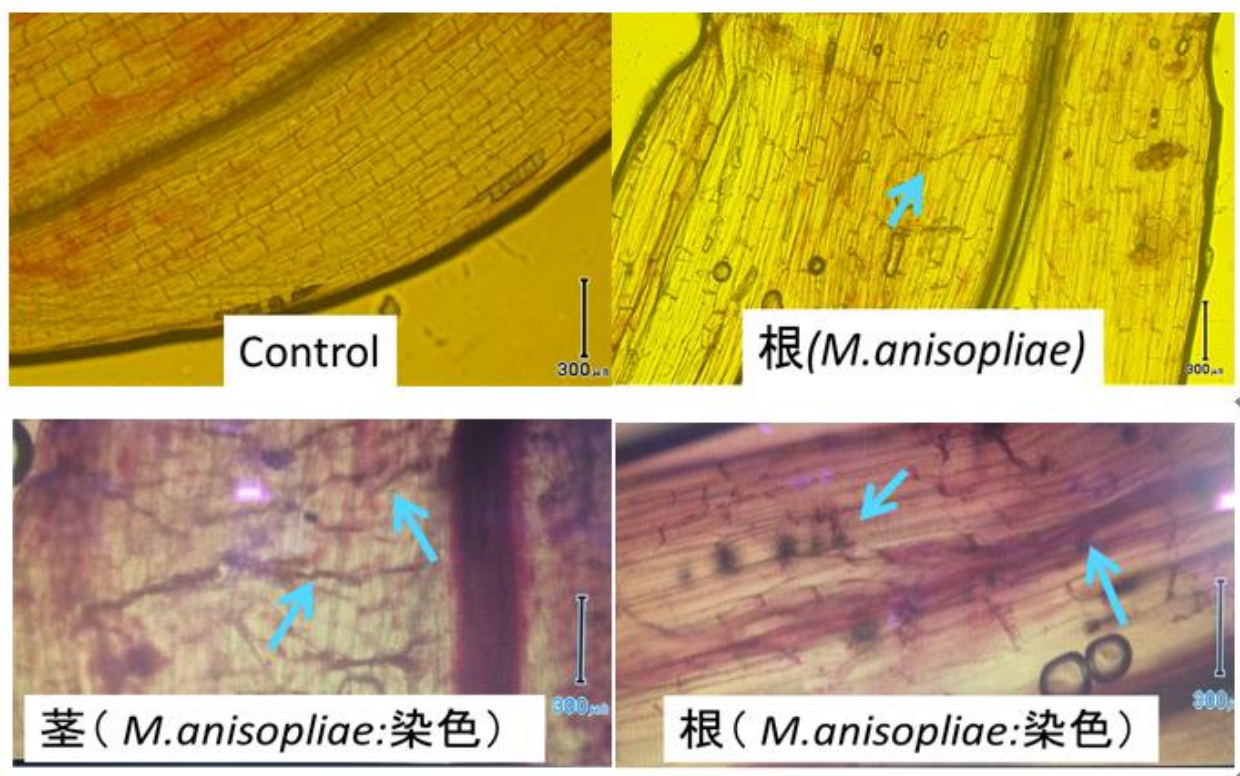


図 4 ネギの維管束周辺に内生する *Metarhizium anisopliae* (野沢 原図)

#### 4. 昆虫病原糸状菌と *Bacillus thuringiensis* の株元処理

ここで紹介したいのはハウスにおける昆虫病原菌の葉面への散布ではなく株元処理の効果である。トマト育苗ポットにあらかじめ昆虫病原性糸状菌の *Lecanicillium muscarium* (B-2)、*M. anisopliae* および *Bacillus thuringiensis* (Bt-18) を灌注もしくは土壌ふすま培地を混合し、菌を根に定着させたあとに 5 月上旬にハウスに移植、2 週間おきに 6 月まで 3 回株元に孢子懸濁液 10ml (分生子濃度  $1 \times 10^7$ /ml、BT に関しては  $1 \times 10^8$ /ml) を灌注しその後の葉の病害、特に灰色かび病 (病原菌 *Botrytis cinerea*) の発生をみたところ、*L. muscarium* および *B. thuringiensis* 処理区において、8~9 月の灰色かび病の病徴が抑えられた(図 5)。

ハウスで実験に供試するまえに、in vitro の実験において、サルチル酸合成に係る PR-P2 遺伝子およびジャスモン酸合成に関わる TomLoxA 遺伝子の発現をみたところ、*L.muscarium* は PR-P2 遺伝子の活性が増加し TomLoxA 遺伝子の発現が抑制される傾向にあったことから、ジャスモン酸合成経路の遺伝子が活性される誘導抵抗性が生じていると推察された。

*Lecanicillium* 属菌は葉面に散布した場合、ワタアブラムシ、モモアカアブラムシ、オンシツコナジラミ等の増殖を抑制する効果があるのと灰色かび病やうどんこ病の発病も抑制した (Koike et al. 2004、 Goettel et al. 2008、 Shinomiya et al. 2011)。この場合は葉面に散布し葉面からも植物組織は刺激を受けるのと散布液過剰分が茎を伝わり株元から根部組織に作用し、抵抗性を誘導すると考えられる。

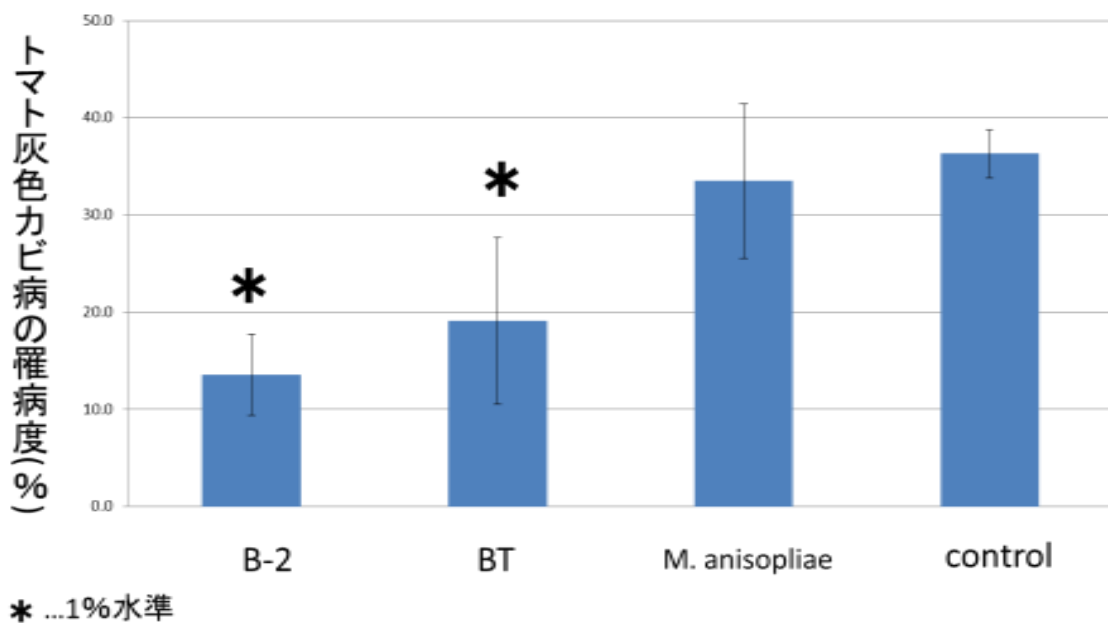


図 5 昆虫病原系状菌 (*Lecanicillium*: B-2, *Metarhizium*) と *Bacillus thuringiensis* をトマトの株元に処理した時の灰色かび病の罹病度

## 5. 昆虫病原系状菌は植物に様々な効果を及ぼす

図 6 に昆虫病原系状菌が植物に及ぼす様々な効果をまとめた (Moonjely et al. 2016)。病害虫防除に係る効果としては 1) 植物病害に対する誘導抵抗性、2) 植物病原菌への拮抗作用、3) 昆虫を含めた草食動物摂食阻害物質の蓄積、PGPF やバイオファーティライザーに係る効果として 4) バイオマス・生産量の増加、5) 植物への環境ストレス耐性の付与、6) 二次代謝産物の増加、7) 土壌中の微量元素へのアクセス、8) 寄生した昆虫からの窒素源供給、を挙げることができる。今後これらの特性を効果的に作用させる方法を模索していきたい。また、現在までの方法として微生物資材単体での施用が一般的とされているが、一種一系統に頼らず植物病害発病抑制資材との混用もしくはカクテル剤としていくつかの微生物資材を処理する方法も考えることができる。

シンクソースやコストベネフィット等複雑に絡み合った問題も生じるが現在はメタゲノム解析等でかなりの程度の微生物の動態が追える。一方ゲノム解析や室内試験では追えない(予想できない)現象も畑やハウスの現場においてまだまだ見つけていきたい。



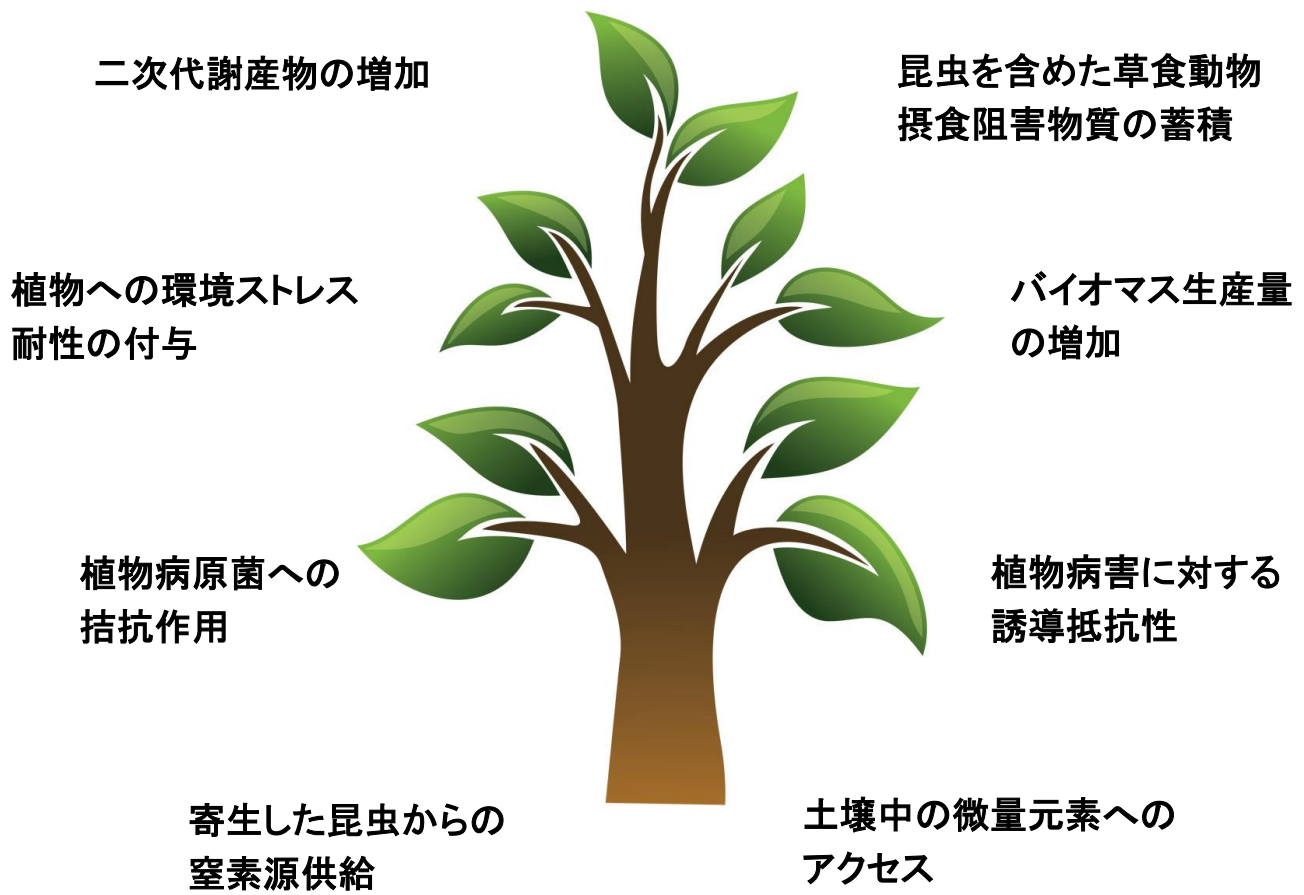


図 6. 昆虫病原系状菌が内生することによって生じる植物のベネフィット (Moonjely et al. 2016 を改変)

\* 引用文献

- Behie et al. (2012) Science 336、 1576-1577  
Goettel et al. (2008) J. Invertebr. Pathol.、 98、 256-261.  
Jaber & Ownley (2017) Biological Control (in press)  
Koike et al. (2004) IOBC/wprs Bulletin、 27、 41-44.  
小池正徳・相内大悟 (2013) 蚕糸・昆虫バイオテック 82(3)169-173.  
小池正徳 (2014) バイオコントロール研究会レポート 13、 32-39.  
Maniania et al. (2003) Crop Protection、 22、 553-559.  
Moonjely et al. (2016) Adv. Genetics 94、 107-135.  
Sasan & Bidochka (2012) Am. J. Bot. 99、 101-107.  
Shinomiya et al. (2011) SIP2011 abstract、 p.57  
Wang et al. (2005) Fungal Genet. Biol.、 42、 704-718.  
Wang & St.Leager (2007) Eucaryotic Cell、 6、 808-816.  
Wang et al. (2016) Adv. Genetics 94、 67-105.

