

微生物殺菌剤の普及拡大に向けた課題と展望～ナス科青枯病を例として～

兵庫県立農林水産技術総合センター

相野 公孝

1. はじめに

食の安全・安心志向の高まりを背景に 2006 年 5 月にポジティブリスト制が、同年 12 月には有機農業の推進に関する法律が施行された。また、エコファーマーやGAPの取組み拡大など農業生産環境が大きく変化し、その中で化学農薬に代わり生物農薬の普及の推進方向が示された。このように追い風であったが、国内の殺菌剤出荷金額が約 750 億円に対し、微生物殺菌剤は 7 億円と約 1%に過ぎない。多くの関係者が努力をしているにもかかわらず、微生物殺菌剤の普及には乗り越えなければならない大きな問題がある。そこで、過去から現在に至るまでの、生物農薬の開発について、今一度まとめ、今後の方向性を探ってみたい。

2. 農薬取締法と生物農薬

生物農薬（天敵や拮抗微生物）は、1948 年に施行された農薬取締法により農薬と定義された。この時点で生物農薬が法的に認識されたと考えられる。生物農薬の登録に関して、49 年後の 1997 年、農林水産省植物防疫課長通達「微生物農薬の登録申請に係る安全性評価に関する試験成績の取扱いについて」（通称：生物農薬ガイドライン）により具体的な方向性が示された。それまでは、化学農薬に準じて行なわれており、農薬登録の壁を越えるには難度が高く、生産者が使用できるまでには時間が必要であった。生物農薬ガイドラインでは、安全性評価試験項目についての基準が設けられ開発投資額や開発期間が明確に示された。それによって、生物農薬の開発が取り組みやすくなり、新規剤の開発が加速された。化学農薬においては農薬の登録申請に必要な防除効果・薬害に関する試験を新農薬実用化試験として行われており、日本植物防疫協会が農薬開発会社等から依頼された薬剤について、全国の試験実施機関と連携して実施している。そこで、生物農薬も同様の試験が行われることとなったが、試験方法や評価方法についての蓄積が浅かったことから、微生物を素材とした実用化試験を、1994 年度から化学農薬とは区別し、生物農薬のみを対象とした生物農薬連絡試験成績検討会が発足した。開始当時の生物農薬連絡試験成績検討会では、化学農薬に比べ若干判断基準があまい場合が散見されていたが、使用者の立場から、徐々に化学農薬と同等の基準が適用されるようになった。特に、種子消毒用の微生物殺菌剤においては、ほぼ化学農薬と同等またはそれ以上のものが要求されるようになった。一方、土壌病害に対する剤においても同様な傾向があり、高いハードルとなっている。

3. 微生物殺菌剤の現状

現在、微生物殺菌剤は登録失効した剤を除くと 23 剤が登録され、約 7 億円の出荷金額と

なっている（2013年現在）。2010年度8.5億円をピークとし、頭打ち、あるいは漸減している状態である。

生物農薬のガイドラインが発表された当時は、数多くの生物農薬連絡試験が一気に行われた。1993年～2010年の18年間にわたる生物農薬連絡試験から生物農薬の開発状況をみると、総試験数は2,216件となり、病原別では糸状菌1600件、細菌病が538件、ウイルス病、放線菌病が若干数となっている。地上部病害は1137件、土壌病害は392件（水稻苗箱での病害を除く）が行われている（田代、2012）。しかし、近年、試験例数が減少傾向を示し、既存登録剤の適用拡大に重点が置かれるようになった。一方、登録後10～15年経過するに従って、微生物殺菌剤の中で淘汰が行われ、登録抹消された剤が散見されるようになった。また、使用されているエージェントの種類も集約されつつあり、微生物殺菌剤の次のステージに移行したものと考えられる。

現状の微生物製剤の使用状況を出荷金額でみると、1億円を超える微生物殺菌剤は、水稻種子消毒剤のタラロマイセスフラバス水和剤（タフブロック等）、トリコデルマトロビリゲ水和剤（エコホープDJ等）、施設野菜の灰色かび病・うどんこ病等防除剤のバチルスズブチリス水和剤（ボトキラー水和剤）、露地野菜・バレイショの軟腐病等防除剤の非病原性エルビニアカクトボーラ水和剤（バイオキーパー水和剤）で、これらの4剤で微生物殺菌剤出荷金額の7割を占めている。さらに有効成分に注目すると、バチルスズブチリス水和剤のように複数社から開発・登録されている微生物殺菌剤もあり、上記4有効成分（登録種類）を合計すると出荷金額の9割以上を占める。その他には、シュードモナスフルオレッセンス水和剤、比較的新しい剤として、菌核病に対するコニオチリウムミニタンス製剤（ミニタンWG）が登録されている。

対象病害でみると、水稻の種子消毒剤は微生物殺菌剤販売額における約4割、灰色かび病、うどんこ病等の地上部病害を対象にした防除剤も約4割、両者を合わせると約8割を占める。効果が高く、使用方法もコストもこれまでの化学農薬と大きく変わらないのが成功の理由である。それに比べ土壌病害を対象とした剤は、苦戦を強いられている。生物農薬連絡試験においても「やや低いが、効果が認められる」Cランクの評価を受けた剤が多く、効果の不安定な事例が多々報告されているのも現実である。農薬登録を取得したが出荷数が伸びず、放棄された剤が散見される。

4. IPMの中の微生物殺菌剤

農林水産省が推し進めているIPM(総合的病害虫・雑草管理 Integrated Pest Management)は、耕種的防除や雑草管理を導入することで病害虫の発生しにくい環境を整備し（フェイス1：予防措置）、また、病害虫発生予察情報などに基づき、防除実施の適期を判断し（フェイス2：判断）、天敵等の生物農薬やフェロモン剤、粘着板などの生物的、物理的防除などの方法を適切に組み合わせて防除を実施することにより、病害虫の発生を経済的被害が生じるレベル以下に抑制する（フェイス3：防除）3つのフェイスからなっている。

生物農薬の効果発現のメカニズムには、捕食、競合、抗生（バクテリオシンを含む）、抵抗性誘導などがあり、化学農薬と比べ病原菌に圧倒的な淘汰圧をかけるのではないため、その効果の発現が緩やかなものが多い。特に、病原菌が蔓延すると、効果を発揮できない場合がある。IPMのどのフェイズで使用するのか、効果発現のメカニズムの種類によって変える必要がある。

土壌病害に対する微生物殺菌剤に関しては、効果発現が不安定で防除価では40～60程度のものであり、また、発病蔓延状態では、効果が急激に低下する剤が多く、発病する前から使用しなければ十分な効果が発揮されないものが多い。このような性格の剤をIPMの（防除）に使用するのには難しく、むしろIPMの3つのフェイズの内（予防的措置）で使用するのが適切ではないかと考える。発病しにくい環境を構築するために微生物殺菌剤を使用する場合があってもよいように思われる。この場合、微生物殺菌剤と称するのが妥当なのか、また、現在の登録制度が適しているのか、考える必要がある。

5. ナス科青枯病の事例

これまで青枯病に対して拮抗能力のある微生物が、多くの研究者により見出されている。しかし、生物農薬として登録されたのはシュードモナスフルオレッセンス剤（商品名：セル苗元気）のみである。本剤は2001年6月に新規登録され、セル形成育苗培土の中に2種類のシュードモナスフルオレッセンス（内生細菌）を吸着させた新しい形態の微生物殺菌剤で、種子を播種するだけで、内生細菌が植物体内へ侵入し青枯病菌の侵入を防ぐ効果を示す。発病抑制機構は、内生細菌が植物に侵入することにより、根内から根外へ青枯病菌の増殖を防ぐ物質を産生したり、植物に抵抗性を誘導し、青枯病菌の感染を防ぐことによる。残念であるが、2011年12月に製造メーカーの撤退により登録が抹消された。現在では登録された生物農薬は皆無である。しかし、現在も挑戦は続けられており、有望な微生物も検索されつつあり、新薬剤の登録も近いようである。

しかし、本病害に対して、微生物殺菌剤の拡大・普及は、綿密な戦略が必要となる。圃場による効果の不均一性を回避するため、圃場ごとの詳しい情報が必要となる。また、これまで開発されてきた多くの耕種的、物理的および化学的技術を如何にして組み合わせ、その中で微生物殺菌剤の位置を確立する必要がある。

6. 圃場診断の導入試み(トマト青枯病を例として)

毎年、健康診断を受診している人は多いと思われるが、土壌においてもその健全さを検診し、ほ場の状況を把握する必要がある。ヒトの健康診断では、仮にある診断項目で基準値を超えた値が得られれば、再検査を行い、その診断結果を基に医者が治療方針を決定する。このように予防医学が大きく進展している。

また、空気伝染性の病害においては、環境条件の測定などによ



り将来の発生状況を把握することが可能な病害もある。しかし、土壌病害において、発生予測は不可能と考えられている。そこで、農業環境技術研究所 インベントリーセンター（代表：對馬誠也）が中心となり、農林水産省委託プロジェクト研究「気象変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」において、発病ポテンシャルに基づく、新しい土壌病害管理システムを構築する研究がおこなわれた。その結果、ヘソディム（HeSoDiM: Health Checkup Based Soil-borne Disease Management）が開発された（ヘソディムマニュアル、2014）。

このシステムは、発生予測が難しい土壌病害対策として、個々のほ場ごとの発病しやすさに基づき対策を講ずるものである。本プロジェクトの中で、トマト青枯病次世代土壌病害診断マニュアルを提案した。本診断マニュアルでは、ほ場の発病履歴、病原菌の生息深度、土性の3項目を調べ、総合的な青枯病発病ポテンシャル（発病リスク）を18のレベルに類別し、評価するものである（表1）。さらに、発病ポテンシャルのリスクレベルに合わせた防除対策を選定し、実施するようになっている。本診断マニュアルは、トマト栽培ハウスのデーターや実験室、温室レベルの試験結果など限られた情報を基に作成されたもので、今後各地の情報を集積や、本マニュアルを用いて処理した圃場のフィードバックを用うことにより、さらに精度の高いシステムへと構築していく必要がある。

表 1.総合的青枯病発病ポテンシャル(発病リスクポイント)

①発病履歴	近年まで なし 0	近年抑制作 型で発生あり 2	前年抑制作 型で発生あり 4	直前の作型で 発生あり 6	
②病原菌の生 存	下層まで 検出なし 0	下層で検出あり 2	中層で検出 あり 6	表層で検出あり 4乗未満 8	表層で検出あり 4乗レベル以上 10
③土質	下層まで 砂質 0	中層、下層に粘 土質土壌あり 1	粘土質土壌 2		

<各項目のポイントの合計>

0-1：ほぼリスク無、2-5：リスクレベル1、6-9：リスクレベル2、10-14：リスクレベル3、15-18：リスクレベル4

7. 今後の展望

微生物殺菌剤を生産者に紹介する時に、「同時防除できる病害は無いのか？虫には効かないのか？」このような質問が出る時がある。この質問に、的確に答えることが難しい状況である。それぞれの個々の病害虫を研究する研究者にとって、ほかの病害、特に虫害は、研究初期の段階から想定に入っていない場合が多い。しかし、現在、進められているプロ

ジェクト研究の中には、初期から病害、虫害に対してデュアルな効果があるエージェントを見いだそうとしているものもある。また、実際に双方の被害に効果を発揮するエージェントが見つかりだしている。今すぐには利用できないが、今後、農薬登録の方向へと動いていくと予想される。シングルからデュアルユースへの方向性は、防除コストを下げるだけでなく、化学農薬の削減、微生物農薬の普及に大きく貢献する新しい挑戦である。

参考文献

- 1) ヘソデムマニュアル(2014)農林水産省委託プロジェクト（低投入型農業のための生物農薬等新資材及びその利用技術の開発）成果、農業環境技術研究所.
- 2) 田代定良(2012)：バイオコントロール研究会レポート 12：12～17.