

エビデンスに基づいた防除 (Evidence-based Control ; EBC) のすすめ

佐賀県上場営農センター

田代 暢哉

Nobuya Tashiro

1. はじめに

農業現場における病害虫問題への対応にあたっては各生産地の実状に合わせた推奨すべき防除体系が組み立てられている。しかし、防除体系に記載されている薬剤防除対策や耕種的対策などについて、誰もが納得できる信頼性の高いデータ、すなわちエビデンスが揃っているわけではない。

具体的な例として、表1に示すような疑問が生じてくる。

これらの疑問は防除の実施場面での応用的なことなので、学術分野の中では重要な問題ではないと思われるかもしれない。これらの疑問について学術的にさしたる意味はなく、学問的な課題として取り上げる必要はないと思われるかもしれない。しかし、農業現場ではそんな小さなことに悩み、困っているのが実状である。防除を適切に、上手に実施していくためには、解明しなければならないことが山積している状況にある。そして、このようなエビデンスの欠如が時として防除の失敗による病害虫の多発を招き、その一方では過剰で無駄の多い農薬散布をもたらしている原因の一つであると考えられる。

そこで私たちは作物病害虫防除も応用科学の一分野として展開されるべきであると考え、確実に、そして無駄のない防除を実現するために、エビデンスに基づいた防除(Evidence-based Control;EBC)という概念を提唱した(田代、2003;田代、2005)。さらに、賛同者とともにEBC研究会を立ち上げてワークショップを2005年から開催している。この活動を通じて、EBCの概念の普及を図るとともに、信頼性の高いエビデンスを得るための適切なデータ解析が重要であることを説き続けてきた(田代、2006;田代、2007;田代、2008;田代、2010)。

以下にそれらの概要について紹介する。

2. エビデンスとは統計学的解析に基づいた根拠のことである

現場の悩みに応えることのできる情報のすべてがエビデンスになり得る。例えば、病害対策を例に挙げると、殺菌剤の効果、殺菌剤の残効期間と耐雨性、複数の殺菌剤を混用散布した場合の効果の変動、散布方法や施用方法と効果の関係、散布適期、病気に対する品種の感受性、殺菌剤による抵抗性発達程度の違い、抵抗性管理の方法、発生予測法、耕種的対策の効果、などなどである。

表1. 実際の防除場面における素朴な疑問

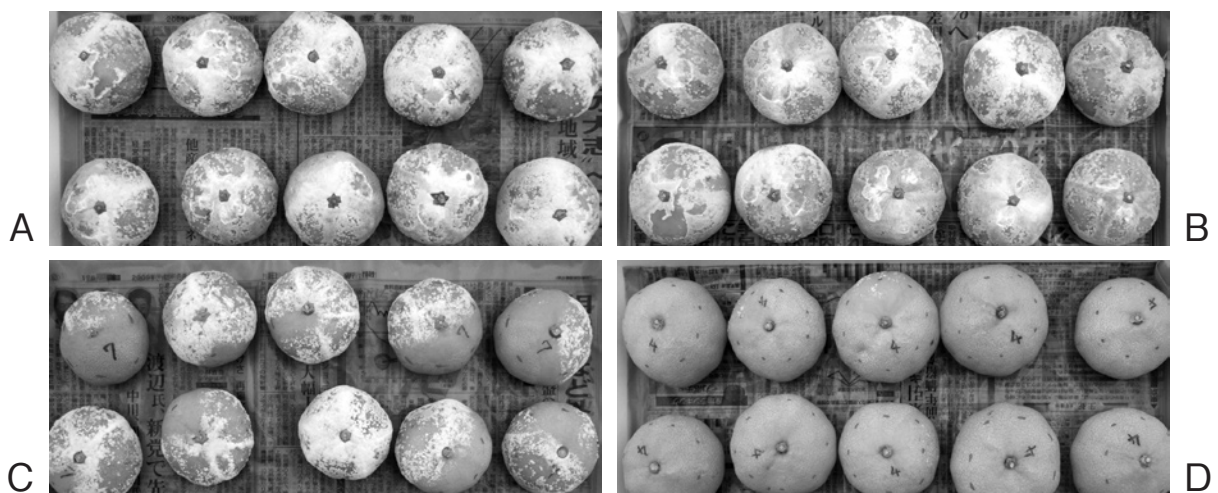
-
- i) 今日、殺菌剤を散布したけれども、次回はいつ散布したら最も効果的でかつ効率的な防除ができるのだろうか?
 - ii) 降雨後、作物体に雨滴が残っている状態、あるいは露で濡れている状態で散布した場合の防除効果はどうなるのだろうか? もしも、効果が低下するとすればその解決策はあるのだろうか?
 - iii) 殺菌剤散布後の降雨の影響はどの程度あるのだろうか? 降り始めまでの時間や降雨量と防除効果との関係はどうなっているのだろうか? 効果が低下するとすれば次回の散布計画をどのように立てればよいのだろうか?
 - iv) 数種類の殺菌剤や殺虫剤を混用散布した場合に薬害は発生するのだろうか? 防除効果は低下しないのだろうか?
 - v) 展着剤や固着剤を殺菌剤に加用することで、効果は向上するのだろうか? 向上するとすればその程度はどのくらいなのだろうか?
 - vi) 散布に用いるノズルはどのようなタイプのものが最適なのだろうか? 病害虫の種類に応じてノズルを使い分ける必要はないのだろうか?
-

しかし、どのような情報でもエビデンスになるわけではない。情報に必要なことはその信頼性である。信頼性が高くないことには現場に自信を持って適用できないので、エビデンスには成り得ない。このため、エビデンスは実験や調査で得られた客観的なデータから導き出されたものでなければならない。つまり、エビデンスとは統計解析の結果から得られた根拠であると言える。客観性を担保するためには、適切な計画のもとに試験が実施されることが必要で、さらにその結果が適切な統計解析によって評価されたものということになる。そして、信頼のおける試験事例が蓄積していくことによって、さらに強固なエビデンスになっていく。

統計解析から導き出されたエビデンスがいかに説得力を持っているのかについての一例をあげる。写真1は、殺菌剤散布後にベンゾイミダゾール系殺菌剤に対する中等度耐性緑かび病菌を温州みかん果実に付傷接種した場合の各種殺菌剤の発病抑制効果である。当然、ベンゾイミダゾール系殺菌剤であるトップジンM水和剤の効果は低い。また、作用機作が異なるもののベフラン液剤25の効果も十分ではない。これに対して、両剤を混用すると極めて優れた発病抑制効果が得られている。しかし、この写真だけを見ても説得力が高いとは言えない。あくまでも、接種試験、それも一事例だけの結果であり、効果の程度が数字として示されていない写真による説明だからである。百聞は一見にしかずではあるが、やはり、ほ場試験のデータに基づいた数字による説明が必要である。

そこで、実際に中等度耐性緑かび病菌が多数を占めているミカン園で数か年にわたって実施した11～14事例もの試験結果を統計解析手法の一つであるメタ解析で統合した結果が表2である。これによると、ベフラン液剤25の無散布に対する統合リスク比は0.8なので、本剤を散布しても2割しか発病が減らないことが数字ではっきりと示されている（1から統合リスク比の0.8を引くと0.2になり、この値に100をかけると防除価20ということになる。これではとても効果があるとは言えない）。一方で、ベフラン液剤25にトップジンM水和剤を混用することで、統合リスク比はベフラン液剤25の単用散布の場合の約半分の0.43にまで少なくなっており（防除価57）、両剤を混用することで、より安定した効果が得られることが数字ではっきりと示されている。農業現場に対しては、「収穫後の果実にわざと傷を付けるという極めて発生の多い条件下の試験で、ベフラン液剤25の単独散布では無散布に比べて2割程度しか発病が減らないけれど、トップジンM水和剤と混用して散布することで6割近くも発病が少なくなりますよ」と説明することができる。

今後、防除技術や資材の効果についてメタ解析による評価が進むことによって、勘と経験に基づいた、あやふやな防除対応から、信頼性の高い科学的なエビデンスに基づいた防除対応への転換が図られていくことが期待される。なお、統計解析の詳細については参考文献にもいくつか紹介しているので、参照していただきたい。



A: 無散布、B: トップジンM水和剤1,500倍、C: ベフラン液剤25 2,000倍、D: トップジンM水和剤1,500倍とベフラン液剤25 2,000倍との混用。ベンゾイミダゾール系殺菌剤中等度耐性菌を付傷接種して7日後の発病状況。

写真1. 温州みかん緑かび病に対する各種殺菌剤の発病抑制効果

表2. 各種殺菌剤の収穫前散布による温州ミカン緑かび病に対する発病抑制効果¹⁾

殺菌剤・希釈倍数	試験事例	統合リスク比 (95% 信頼区間) ²⁾
ベフラン液剤25 2,000 倍	14	0.80 (0.62 – 1.04)
トップジンM 水和剤 1,500 倍 + ベフラン液剤25 2,000 倍	11	0.43 (0.30 – 0.63)

1) 収穫後に発病を促すために果実を傾斜角30度のコンクリート坂道で5メートル転がしているため、すべての試験で緑かび病は多発生となった。

2) リスク比：無処理の発病割合に対する当該処理の発病割合の比。無処理の発病割合が80%で処理区の発病割合が20%だとすると、リスク比は $0.2 \div 0.8 = 0.25$ になる。1からリスク比を引いた値に100を乗じたものが防除値になる。この場合は $(1 - 0.25) \times 100 = 75$ である。統合リスク比とは11ないしは14事例の試験結果から得られる個々の試験のリスク比をメタ分析によって統合して算出した値のことである。

3. EBCにおける意思決定

最善の防除手段を提示するためには信頼性の高いエビデンスが必要である。単なる直観と乏しくあやふやな経験、そしてこれまでの常識にだけ頼っているだけでは適切な対策を講じることはできない。多くの要因が複雑に関係している農業現場で、進むべき正しい方向を見つけるために頼りになるのはエビデンスである。これからの防除に関する意思決定は信頼性の高いエビデンスを主体に行われるべきである。そのために私たちは日々の努力、すなわち、エビデンス-メイクを積み重ねていく必要がある。

しかし、エビデンスに頼るだけですべての問題がうまく解決できるわけではない。エビデンスを有効に活用して最善の防除意思を決定していくためには、エビデンスに加えて現場に情報を伝える技術者のセンス・技量・経験、そして農業現場の価値観の三つがバランスよく統合されなければならない（図1）。このための行動様式がEBC、すなわち、エビデンスに基づいた防除である。最善のエビデンスを、

的確に、かつ、思慮深く利用することによって、防除についての問題解決策を見い出したり、効率的な防除体系を構築することである。“エビデンスは絶対だから”と言い張って、農業現場にエビデンスだけを押し付けることがあってはならない。エビデンスだけがEBCを構成しているわけではないことをよく理解しておかなければならない。

EBCは農業現場に最善の防除対応を提示するという目的を達成するための一連の行動様式であり、農業現場に始まり、農業現場に帰着することになる。だからこそ、農業現場との間に日頃からの意思疎通が必要なのである。また、エビデンスを適用する際に必要なセンスは生まれ持ったものではなく、現場の問題解決に真摯に、積極的に取り組む過程で磨かれていくものである。EBCは理論ではなく、エビデンスを集積し、批判的な吟味を行いながらそれを利用して、農業現場の疑問に明確に応えようとする目的を持った行動の流れを示した概念である。このため実践してこそ意味がある。

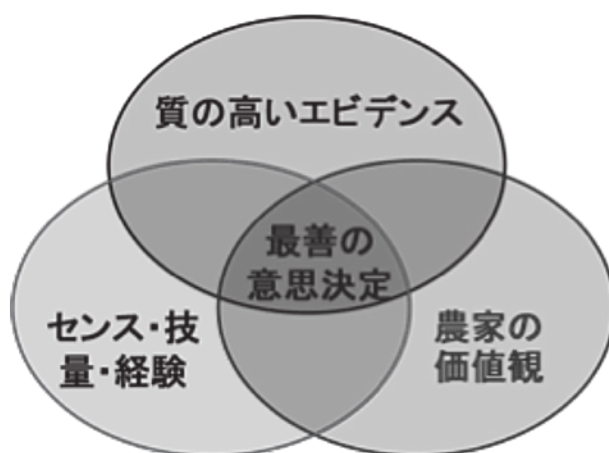


図1. EBC における最善の意思決定のための3 要素

4. EBC の手順

EBCは5つのステップからなっており、集積されたエビデンスに基づいて最善の防除対応がなされる(図2)。このため、どのような状況にあってもその時々状況に応じて的確に対応できる最善の防除が可能になることが期待される。さらに、EBCにおいては経験の少ない技術者であっても、また、自分が直接問題解決に携わっていなくても、的確な対応が可能になるというメリットがある。

試験研究の設計で言えば、ステップ1は現場での調査や聞き取りから得られる情報を基に仮説を構築することであり、ステップ2はそれを証明するための文献を集めること、既知のデータがなければ試験研究を実施することである。ステップ3は研究結果または文献を検証し、データの妥当性を図ることである。すなわち、この場合に統計学的検証が必須である。ステップ4はデータを基にして現場で適応できる形にした回答を見出し(最善の意思決定)、それを現場に返し、防除を実践する、ステップ5は防除を実践した後のその効果を検証し、不十分な点

についてはステップ1に戻る、ということになる。

多くの農家で問題になっている重要度の高いものに対しては、すべてのステップを実施することが望ましい。比較的稀な例では、データが少ないのでステップ3は省略してもよい。さらに稀な例では検証する機会がないので、ステップ2とステップ3を省略して、類似の問題の対処法を参考にしたり、経験者からの情報を参考にして対応せざるを得ない場合もある。何ら根拠のない回答を現場に適用してはいけない。

5つのステップのなかでも、農業現場と接するステップ1とステップ4は特に重要である。優れた対応策が見つかっていても、その推奨が目の前の生産者にとって最善であるかどうかの判断には、個々の生産者の特性、すなわち生産者の年齢や経営規模、防除に対する考え方などを見極め、生産者が求める目的と研究者の目的とをすり合わせる必要がある。ステップ5も重要で、現場に適用された研究成果について、生産者の期待どおりの成果が得られているのかまでも追跡調査しなければならない。防除の実践までも責任を持って取り組まなければならないのである。

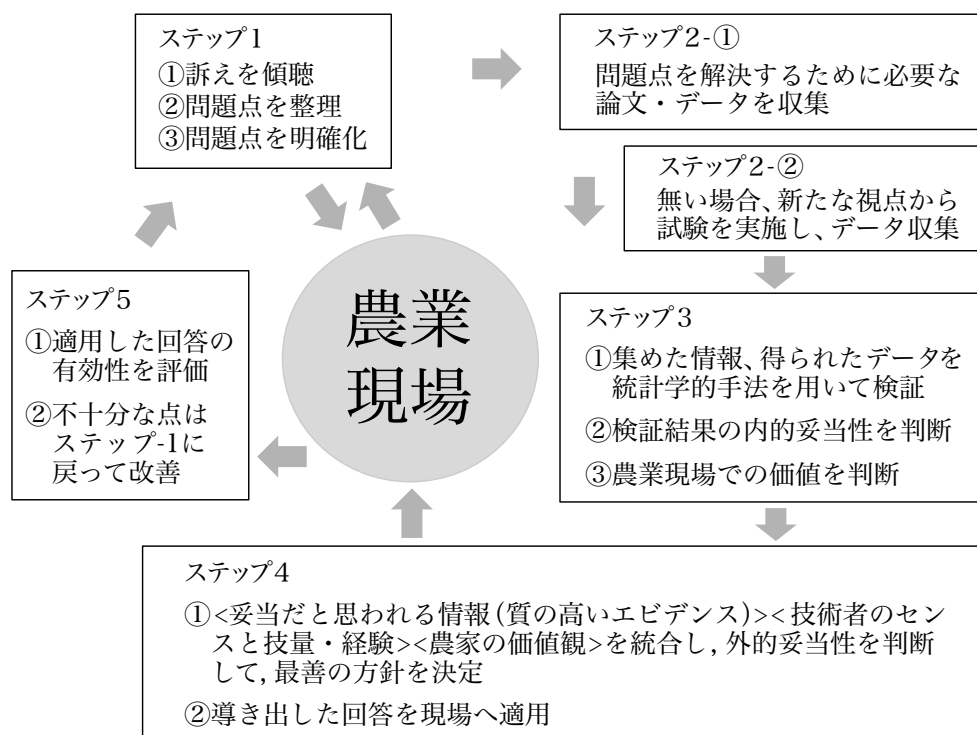


図2.EBC の手順

5. おわりに

意思決定のエビデンスとして、農業現場で発生する情報を重視するEBCでは、「農家の皆さんにとって何をしてあげるのが最善なのか？」を目指している。これまで学問の分野では軽視されがちであった「防除技術」を主役としているのがEBCであり、そのEBCを支えている柱の一つが学問としての植物病理学や応用昆虫学、農薬学である。したがって、EBCとは学問として研究するものではなく、農家にとって最善の防除対応を提供するために、農業現場にいる技術者一人一人が身につけるべき行動様式であるといえる。

防除技術の今後進むべき方向は、すぐれた効果を維持しつつも、できるだけ薬剤の散布回数や散布量を減らした防除体系を組み立てるためのエビデンスの集積にあり、そのためには、多くのエネルギーが必要である。しかし、現在は、人材、組織、物、お金、時間のすべてが効率化を求められている時代である。これまでと同じことを続けていても問題解決を図ることは容易なことではない。このような時代だからこそ、防除に関係する一人、一人がその能力を向上させるとともに、力を合わせて問題解決に取り組んでいく必要がある。一つ一つは小さなエビデンスでも、それが集まることによって大きな進歩につながっていく。

2005年に学会員有志と相諮って立ち上げたEBC研究会の活動は今年で13年目を迎える。現在、日本植物病理学会傘下の研究会として活動している。事務局は東京農業大学植物病理学教室に設置されており、毎年一回のワークショップを開催している。毎回120名を超える多くの参加者があり、統計解析や調査方法、新しい防除の試みなどについて、活発な議論が繰り広げられており、大いに盛り上がっている。皆様の参加をお待ちしている。

EBCの詳細については引用文献を参照していただきたい。なお、EBC研究会誌はサイニーに収録されている。これまでに集積された多くのエビデンスが紹介されている。ぜひ、ご覧いただきたい。

参考文献

- 田代暢哉 (2003).
新しい病害虫管理の概念:EBC(Evidence-based Control) による散布回数を低減した防除体系の構築. 農林水産省 第9回農作物病害虫防除フォーラム講演要旨集:18-27.
- 田代暢哉 (2005).
新しい病害虫管理の概念:EBCによる防除体系の構築. 植物防疫59:69-73.
- 田代暢哉 (2006).
研究データの取り扱いとメタ・アナリシスーデータの新しい評価法ー. EBC研究会誌2:1-10.
- 田代暢哉 (2007).
新規開発薬剤が農業現場で普及・貢献するまでのプロセスにおける諸問題とその対応 2) 登録申請データの収集と評価における諸問題とその対応 (1) 試験実施とデータ取りまとめの場面: 効果比較試験における閉検定手順 (Closed testing procedure) の適用のすすめ. EBC研究会誌3:33-45.
- 田代暢哉 (2008).
よりよいエビデンスのための統計解析のいろはー検定からの脱却と頻度データ解析のツボー. EBC研究会誌4:44-51.
- 田代暢哉 (2010).
信頼性の高い研究結果を効率的に得るための調査個体数設定の重要性とその方法. EBC研究会誌6:18-21.