

収集・分析・調査研究を行い、検査の現場で利用できる同定マニュアルを作成・整備するとともに、研修会等により情報提供に努めている。

植物防疫所における研修は、病虫害の分類・同定の基礎知識から詳細な分類体系に基づく高度な同定診断法の習得までを体系立てて実施している。また、検疫有害動植物の追加等、制度の改正の際は別途講習会を開催し、齊一な同定実施に万全を期するとともに、遺伝子診断等、新たに開発された技術や特定の分類群に関する詳細な同定についても、個別研修を実施し、技術の高度化と伝達を図っている。

これらの同定技術は農業生産現場での防除指導に役立つ技術が多く、都道府県からの同定依頼の際にも活用している。また、病虫害防除所職員等中央研修や地方農政局主催の病虫害防除関係研修にも同定マニュアルを参考に作成した研修資料を使用し、対応している。

■侵入が警戒される病虫害の同定マニュアルの作成

輸入植物検疫等で発見される病虫害の同定資料として、病虫害の形態・同定のポイントを取

りまとめた同定マニュアル（同定指標）を作成している。これまでに作成したマニュアルは、害虫 919 種、線虫 43 種、病菌 239 種（350 病害）である（2013 年 7 月時点）。また、害虫については国・植物別に発見される種の簡易同定指標を別途作成しており、同定の迅速化を図っている。

なお、幼虫で発見され成虫まで飼育が難しい害虫や、同定が難しい病虫害等の場合、科や属レベルでの同定に留まるケースがあり、遺伝子診断法の導入も進めている。また、輸入品目と発見病虫害は時代の変化に応じて変わってきており、今後とも同定技術の向上が求められている。輸入植物検疫での発見実績があり、侵入が警戒される病虫害は数多くある（表）。これらの種については本誌で引き続き紹介していくので、万一、国内で疑わしい病虫害が発見された場合は迅速な情報提供をお願いする。

植物防疫所の病虫害同定診断に関する調査研究は、国内の大学・試験機関等の多くの専門家の協力により推進されており、引き続きご支援・ご協力をお願いする。

薬剤抵抗性病虫害のリスク評価とその管理のためのガイドライン策定に向けた動き

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター
大藤泰雄・後藤千枝

■はじめに

環境保全型農業が推進される中であっても、化学的防除は安定した食料供給に必要不可欠なツールであり、農業生産に果たす役割は大きい。その一方で、病虫害の薬剤抵抗性の発達によって防除体系や栽培体系自体が大きな変更を迫られる場合もある。国内では、2012 年に九州地域で QoI 剤に耐性をもつイネいもち病菌やネオニコチノイド系殺虫剤に抵抗性をもつワタアブラムシの発生が確認され、問題となっている。海外でも、ジアミド系殺虫剤抵抗性のコナガが確認され、インドシナ半島や東アジアから我が国に飛来するウンカ類では、ネオニコチノイド系殺虫剤への抵抗性が確認されるなど、薬剤抵抗性の問題が注目されつつある。このため、近年、薬剤抵抗性対策は、世界的に病虫害防除に

における最重要課題の一つとなっている。

こうした背景から、FAO は、薬剤抵抗性をそのリスクに応じて管理するという考え方に基づく「薬剤抵抗性リスク管理」を提案し、農薬メーカーを中心とした FRAC（殺菌剤耐性菌対策委員会）、IRAC（殺虫剤抵抗性対策委員会）等の関連団体とともに、農業現場に向けた薬剤抵抗性管理実施のためのガイドラインを 2012 年に示した。

本稿では、今後の国内向けのガイドラインの策定に向け、FAO のガイドラインに沿った薬剤抵抗性リスクの定義、評価及び管理の考え方を紹介し、今後の課題も整理した。

■薬剤抵抗性のリスクとは

一般的にリスクとは、ある事象が発生する可能性とその影響の大きさ及びそれらの評価の見

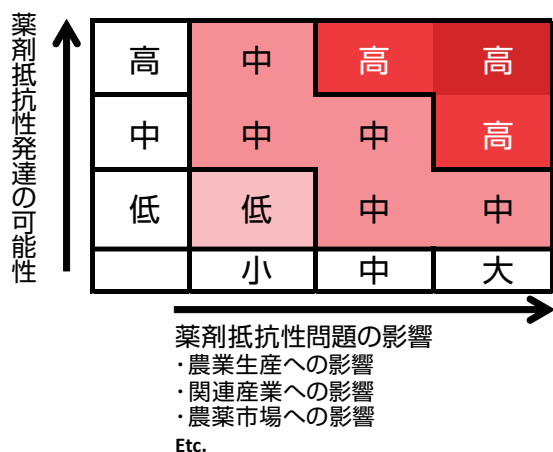


図1 薬剤抵抗性リスクの要素への分解例

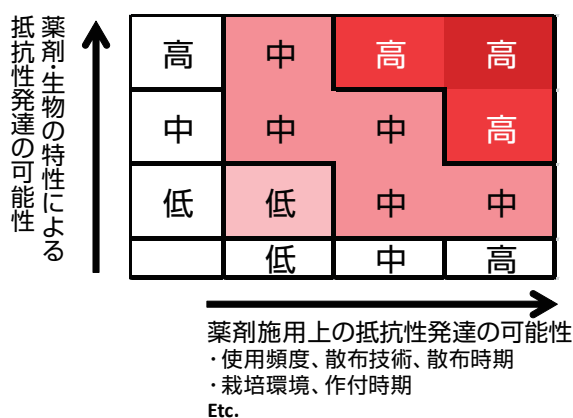
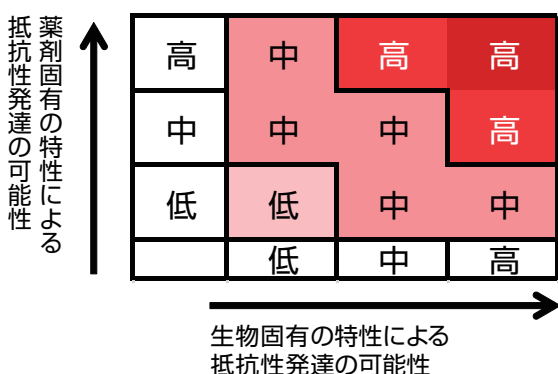


図2 薬剤抵抗性発達の可能性の要素への分解例

図3 薬剤・生物の特性による
抵抗性発達の可能性の評価例

積もりの不確実性により表現される。この考え方に従って薬剤抵抗性のリスクを、抵抗性が発達する可能性と影響の2つの評価軸で整理した例が図1である。ここで言う影響とは、抵抗性の個体群が出現することにより生じる全ての経済的・社会的影響を指す。

抵抗性発達の可能性は、さらに、図2のように薬剤・生物の固有の特性による可能性と薬剤の使用法や環境条件の違いによる可能性の2つの要素に分けて整理し、評価することができる。使用法や環境条件によって生じる可能性の高低は、たとえば同じ系統の薬剤の使用頻度や周辺の作物での使用頻度の違いによるものなどが想定される。

薬剤・生物の固有の特性により生じる可能性の違いは、図3のように薬剤の固有の作用特性により決まる要素と、対象生物固有の、例えば、繁殖様式、突然変異の起きやすさなどの、生物学的性質の要素に分解される。以前からFRAC、IRAC等の業界団体により示されているガイドラインは主にこの薬剤・生物の固有の特性に基づいて設定されている。

それぞれの要素の評価には、評価に用いる情報に付随する不確実性がある。そのため、抵抗性発達の可能性とその影響の見積もりには、ある程度の幅（不確実性）をもって考える必要がある。この不確実性は、主に情報の欠如や想定外の状況の変化によりもたらされ、全ての評価軸に大なり小なり存在する。

■薬剤抵抗性リスク管理技術の具体化と総合的な取組

FAOのガイドラインでは、評価軸を構成する要因とその管理のための技術的要素についての一覧を示しているので、ここでもそれを示すことにする（表）。

ここで注目すべきは、一旦ある薬剤がある生物を対象に上市された後は、農業の現場で制御可能な要因は、病害虫の影響の評価基準、薬剤の使用法及び特定の（制御可能な）環境条件に限定されることである。管理対象となる農業現場で、こういった制御方法の組み合わせが最も効果的かつ実行可能性が高いかについては、薬剤がどのような使われ方をするか、どのような環境条件で使われるか、またそれらの想定がどの程度の確実性をもっているか、によって様々なシナリオが考えられる。農業現場では、病害虫の発生に大きな変動が生じ、また、天敵利用と代替薬剤の選択肢、薬剤のローテーションと周辺作物のローテーション、薬剤の選択性と複数の対象病害虫、防除対策の費用対効果など種々の情勢の変化により、管理技術が相互に対立する場面も想定される。こうした、「個別の技術の最適化が必ずしも全体の最適化とは一致しない」といった複雑なリスク管理においては、FAOのガイドラインに示されるように、まず、実際に管理を行ってみて、その後に実情に合わせて、想定するシナリオを修正するマネジメントサイクル戦略が必要である。ただし、シナリオの修正は、薬剤抵抗性問題が生じる前に行う必要がある。このためには、薬剤抵抗性発達の可能性をより早く察知するための抵抗性個体群の検出技術やサンプリング理論などのモニタリングの精度向上が必須である。

表 抵抗性発達における、生物学的、遺伝的、薬剤施用上の要因

要 因	抵抗性発達の可能性	
	低い	高い
(生物学的要因)		
個体群サイズ	小	大
再生産能力	低	高
世代交代	1世代以下/年	複数世代/年
再生産様式	有性生殖	無性生殖
分散	少	多
残存種子量(seed bank)	大	小または無
薬剤代謝	困難	容易
薬剤の標的部位	複数	単一、特定
病害虫宿主範囲	狭い	広い
(遺伝的要因)		
抵抗性遺伝子の発生	無	有
抵抗性機序数	単一	複数
遺伝子頻度	低	高
抵抗性遺伝子の優性	劣性	優性
抵抗性個体の適応度	劣	良
交差抵抗性	陰性もしくは無	陽性
過去の選抜	無	有効な選抜有り
遺伝子の組み換え	無	有
(薬剤施用上の要因)		
薬剤活性のスペクトラム	狭い	広い
浸透移行性	要因の効果は多様:リスクを増加させるか低下させるかのいずれ	
持続性	短い	長い
標的外効果	選択的活性、天敵に影響なし	非選択的、天敵もまた死ぬ
処理される作物数	一つ	多数
薬剤施用量	規定の使用量;抵抗性遺伝子が不完全優性なら異種接合体は死ぬ	規定の使用量より低い;異種接合体は生き延びる 規定の使用量より多い:いくつかの同種接合体抵抗性個体が生き延びて再生産する(特に少数の移入がある場合)
施用被覆度	良い	貧弱(ムラが多い)
施用頻度	低	高
2次病害虫の存在	無(標的病害虫のみに処理)	有(標的でない(潜在的)病害虫も処理される)
関連薬剤を処理される发育段階	1段階	多段階
個体群の中の処理される割合	要因の効果は様々:リスクを減するかまたは増加する	
作付けの連続性	作付けは時間的または地理的に分離している	間作、作付け期間・場所の連続
病害虫管理戦術	多種(化学的、生物学的、耕種的)	単一の方法または物質の連続した利用

農業現場で制御可能な要因

FAO(2012)から改変

■今後の課題

薬剤抵抗性リスク管理とは、言い換えれば、抵抗性個体群の発達が生じる「可能性」、発達した場合の「影響」、「影響・可能性の評価の不確実性」の3大リスク要因の低減である。そのためには複数の管理技術を相互に矛盾することなく組み合わせ、全体としてリスクが最も低くなるように行う必要がある。この観点から、FAOのガイドラインでは、リスク管理を「IPMの中で実施すべき」と述べている。そもそも、1960年代にIPMが登場した背景の一つは、薬剤抵抗性問題であったことを考えれば当然のことと言える。従って、我が国で策定しようとする抵抗性管理のガイドライン

も、IPMの実践の枠組みの中で考えねばならない。同時に、農業の現場における薬剤抵抗性リスクの管理は、リスク要因の変動に対応して全体のリスクが最も低くなるよう管理内容を修正する「マネジメントサイクル」の中で行われる必要がある。策定されるガイドラインが機能するためには、今後のIPM技術開発研究においても、薬剤抵抗性管理をマネジメントサイクルとして統合する意識が必要である。そのキーテクノロジーとなる薬剤抵抗性のモニタリング技術開発研究においては、個体群生態学や分子生物学の知見を背景としながら、検出感度・精度だけでなく、現場での実行可能性を追求することが求められる。

(参考) (FAO(2012):Guidelines on Prevention and Management of Pesticide Resistance)

http://www.eppo.int/PPPRODUCTS/resistance/FAO_RMG_Sept_12.pdf(IPM:<http://www.agr.okayama-u.ac.jp/LIPM/nakasuji/mokuroku.htm>)

対訳 ISO31000:2009 (JIS Q 31000:2010) リスクマネジメントの国際規格 日本規格協会編