

V. 病害の防除

1. 作物の病害

(1) 病害とは

作物の病害とは、菌類やウイルスなどの微生物が原因となって引き起こされる作物の異常な生理現象をいいます。

病害を引き起こす原因となるものを病原とよび、その種類はその病原が伝染するかしないかで伝染性病原と非伝染性病原とに分類されます。一般に、植物が病気であるという場合は、その病原は伝染性の病原微生物を指すことが多く、これを病原体と呼びます。

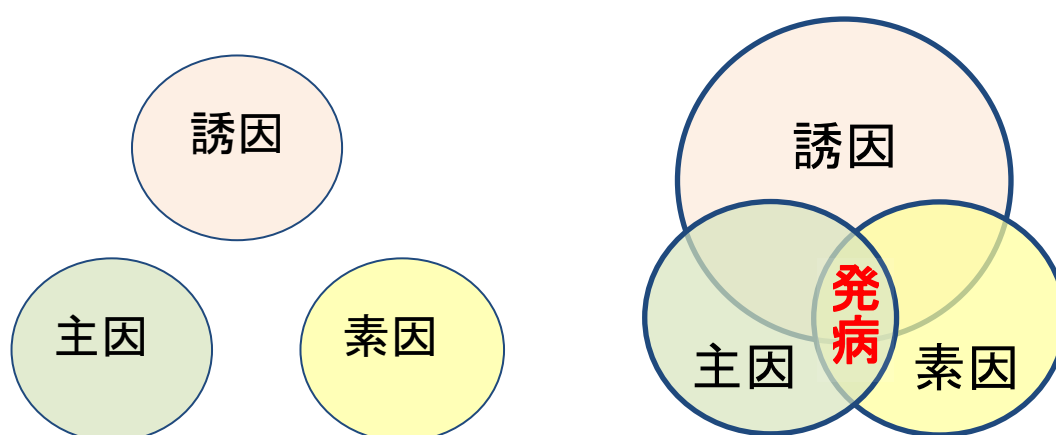
作物病害の病原の種類

伝染する (伝染性病害)	菌類 (糸状菌、放線菌など)	
	細菌 (バクテリア)	
	ウイルス、ウイロイド	
	線虫	
伝染しない (非伝染性病害)	気象的要因	冷害、水害、雪害、風害、干害、凍霜害など
	土壌肥料的要因	土壌水分、pH、塩類集積、養分不均衡、微量元素欠乏など
	化学的要因	煙害、有毒ガス、水質汚染、農薬害など

(2) 発病の三要素

病原は、病害発生の上で最も重要な要因(主因)で、これがなければ病害は起こりません。しかし、病原だけ存在していても病害は起こりません。

作物が発病するためには、主因である病原と、その病原に起こされやすい作物の性質(素因)、それに病原にとって好適な環境条件(誘因)の三つの要素が必要です。このうち一つでも満たされない場合には、作物は発病しません。



各要因が小さく重なりがない時は発病しない

各要因が大きくなり3要因が重なると発病する

病気の成立(発生)と3要因との関係 (日本植物防疫協会 農薬概説(2007)より)

(3) 病原の種類と性質

病原として主要なものは、**糸状菌(かび)**、**細菌**、**ウイルス**の3つです。この他にマイコプラズマ、ウイロイドなどがあり、これらを総称して病原微生物とよびます。

種類	性質
糸状菌	<p>作物の病原として重要なものの多くがこれに属する。通常「かび」とよばれ、菌糸や胞子を形成する。糸状菌は、大きく5のグループに分類され、同じグループに属する菌に対しては共通の薬剤が有効な場合が多い。</p>
	<p>べん毛菌類</p> <p>べん毛を持った遊走子と呼ばれる運動性の胞子を作るのが特徴。遊走子は水中を泳ぎまわり、寄主作物にたどり着くと、発芽して作物に侵入する。雨水など水と発病との関係が深い。</p> <p>例) ばれいしょ疫病、べと病、イネ苗立枯病(ピシウム属菌による)</p>
	<p>接合菌類</p> <p>胞子のうと呼ばれる袋の中に大量の分生胞子を形成し、有性胞子として接合胞子を形成。</p> <p>例) イネ苗立枯病(リゾース属菌による)</p>
	<p>子のう菌類</p> <p>子のうと呼ばれる袋の中に有性胞子(子のう胞子)を形成。</p> <p>例) イネいもち病、ムギうどんこ病、野菜灰色かび病、イチゴ炭そ病</p>
	<p>担子菌類</p> <p>担子器とも呼ばれる器官に有性胞子(担子胞子)を形成。一般に生活史は複雑で、担子胞子以外にも種々の胞子を形成。</p> <p>例) イネ紋枯病、ネギさび病</p>
<p>不完全菌類</p> <p>菌の生活史の中で有性胞子を作る部分(有性世代)が判明していないものに対する人為的な分類。将来、有性世代が発見されれば、多くのものは子のう菌類や担子菌類に分類される。</p> <p>例) フザリウム属菌-ムギ赤かび病 リゾクトニア属菌-ハレイショ黒あざ病</p>	
細菌	<p>細菌は、基本的に単細胞で、糸状菌のような菌糸や胞子を形成しない。寄主作物へは傷口や気孔などの自然開口部から侵入する。</p> <p>細菌による病害に対して有効な薬剤は、銅剤と抗生物質(ストレプトマイシンなど)やその他いくつかの有機殺菌剤に限られる。</p> <p>例) ばれいしょ・アブラナ科野菜の軟腐病、イネ苗立枯細菌病</p>
ウイルス	<p>細胞を持たず、核酸を蛋白質で包んでいる粒子。</p> <p>ウイルスの伝染は、アブラムシ類やウンカ、ヨコバイ類などの媒介生物(ベクター)によるものや汁液によって行われる。また、種子伝染や土壌伝染するものも知られている。</p> <p>直接防除できる薬剤はなく、防除は媒介生物の駆除が中心となる。</p> <p>例) ばれいしょ葉巻病、イネ萎縮病、キュウリモザイク病(CMV)</p>

(4) 病徴と診断

病原となる微生物は非常に小さいので、肉眼で確認したり種類を識別したりすることは困難です。通常私たちが目にする病害の姿は、病原によって引き起こされた作物の変調で、これを**病徴**とよびます。

病徴の中で、病原菌の一部が作物の病患部の表面に現れる場合(例:菌核病菌の菌核、うどんこ病菌の分生孢子など)を特に**標兆**とよびます。

病徴は、病害を診断し防除対策を講ずる上で重要な手がかりとなります。

しかし、似たような病徴でも、病原微生物の種類が異なる場合や、土壌肥料的な要因による異常症状の中にも病害による病徴と一見して区別の難しいものがあります(例:トマトのカルシウム欠乏による尻腐病と灰色かび病など)。さらに、病徴が古くなると二次的に雑菌が繁殖してこれを病原菌と誤る可能性もあります。

病気の診断方法

病気の診断		診断方法
植物 診断	ウイルス病	特徴はモザイク症状と萎縮。初期のモザイク症状は不鮮明なので植物体の生長点をよく観察したり、直射日光をさえぎり透過光で見るとわかりやすい。
	ファイトプラズマ病	特徴は、黄化萎縮とごう生であるが、ウイルス病にも似たような病徴を示すものがあるので注意が必要。
	細菌病	多くの病斑は周辺が水浸状あるいは油浸状になったり、肉眼でも見えるような細菌粘液塊を生ずる。また、病斑部を切出し、水浸下で顕微鏡観察すると多くの場合、菌泥の溢出が観察できる。
	糸状菌病	病斑表面に多くは孢子などの器官、あるいは菌核などの構造物が認められる。また新鮮な病斑を高湿下に置くと病斑部に菌糸体や孢子が現れることが多いので、顕微鏡等で観察する。
圃場診断		病徴や標兆による個体診断に加え、発生圃場においてその程度・分布・地形・土性・pH・排水状態・植生などを調べるとともに、現地での発生状況・耕種条件・薬剤防除等を聞き取り、的確に診断するための判断材料を増やす。

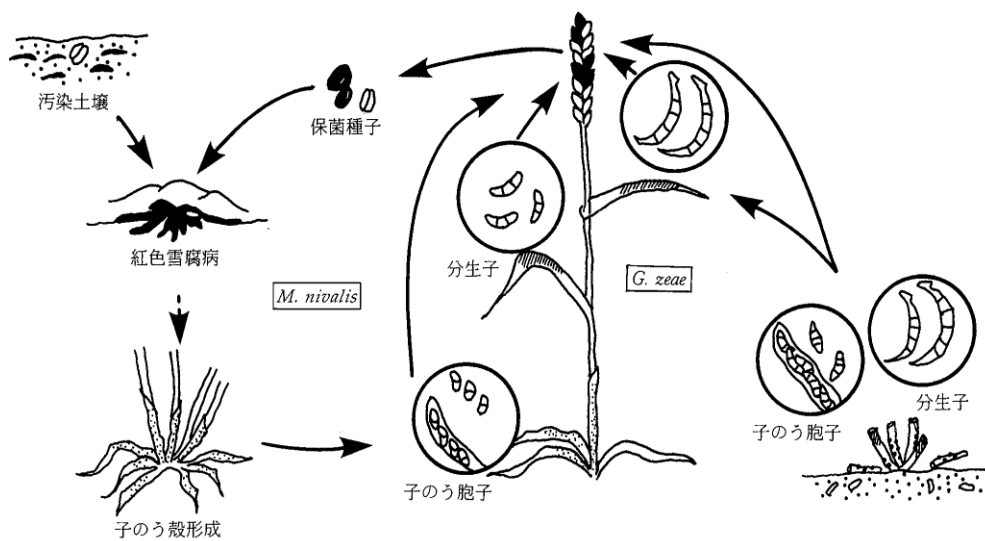
(5) 病原微生物の生活環と伝染方法

① 生活環

すべての病原微生物は一定の生活様式をもっており、この生活様式を繰り返しながら増殖します。この繰り返される生活様式を**生活環(ライフサイクル)**と呼んでいます。

例えば、孢子からはじまって、菌糸を作物の体内に蔓延させ、作物の表面に子実体をつくり、再び孢子となって別の作物体へ移り増殖します。

病害の防除は、一般的に病害微生物の生活環を断ち切ることです。そのためには、対象となる病原微生物の生活環を知ることが重要となります。



コムギ赤かび病の伝染環 (北海道病害虫防除提要より)

② 伝染方法

生活環のなかでも、病害の防除を行う上で最も重要なのが、作物の個体から別の個体へ伝染する「その方法が何か」ということです。

病害が作物の生育段階の中で最初に現れる伝染を一次伝染とよび、これからさらに拡大する伝染を二次伝染と呼びます。

病原微生物の伝染方法は、次のように分類できます。なお、病原微生物には複数の伝染方法をとるものもあります。

病原の伝染方法

伝染方法		例
空気伝染	病原菌の胞子が風に運ばれて伝染する。	うどんこ病、イネいもち病など
水媒伝染	胞子や遊走子、細菌が雨水などの水に運ばれて伝染する。雨水によるものを特に雨媒伝染ということもある。	疫病、イチゴ炭そ病など
土壌伝染	土壌に生息する病原微生物が作物の根や地際部から侵入して伝染する。	アブラナ科根こぶ病、トマト青枯病、果樹白紋羽病など
種子伝染	種子の表面や内部に潜伏している病原微生物が種子とともに運ばれて伝染する。種いもなど栄養繁殖体も含む(種いも伝染、種球伝染など)	イネばか苗病、馬鈴しょ疫病など
媒介生物による伝染	昆虫やダニ、線虫、菌類など他の生物(ベクター)に運ばれて伝染する。昆虫によるものを特に虫媒伝染という。	イネ縞葉枯病など多くのウイルス病やマイコプラズマによる病害
その他	接ぎ木伝染、汁液伝染など主に人間の栽培管理作業による伝染	トマトモザイク病など多くのウイルス病

2. 病害の防除

(1) 総合防除

病害防除の目的は、病害の発生を完全に押さえるのではなく、生産者の経営にとって経済的な被害を及ぼさない程度の発生に止めることです。

病害の発病には、主因である病原の他に、作物側の素因、環境条件としての誘因の三つの要素が必要となります。これらの要素のうちひとつでも欠けると発病しません。また、これらの要素が完全に除去されなくても、バランスがくずれると発病程度は軽くなります。

総合防除とは、薬剤防除だけに頼るのではなく、さまざまな手段を使いこれらの三要素のバランスをくずすことで、発病の回避や軽減を図ることを言います。

薬剤防除は、主として病原に直接働きかけるもので、総合防除のなかでも最も有効な手段の一つとなります。しかし、病原の種類によっては有効な薬剤がない場合があることから、薬剤以外の手段を用いなければなりません。また、有効な薬剤がある場合でも、コスト低減や環境汚染、薬剤耐性菌の発生回避などの面を考慮した防除が必要です。

そのためには、薬剤による防除以外の手段によって、主因・素因・誘因の3つの要素が重って病害の発生がないよう導くことが大切です。

病害の総合的防除

目的	対策	具体的手段
主因の減少 (病原)	病原微生物の殺滅 病原微生物の除去 病原微生物の抑制	殺菌剤、熱消毒、紫外線消毒、湛水処理 圃場衛生、剪定、中間寄生の除去、塩水選 拮抗微生物の利用、有機物施用、輪作
素因の強化 (病原)	抵抗性の利用(長期的) 抵抗性の利用(短期的) 罹病性の回避	抵抗性品種、抵抗性台木 抵抗性誘導物質、弱毒ウイルス 栽培時期の移行、適正施肥
誘因の発病不適化 (環境)	温度、湿度、光、pH等の調整 ベクターの忌避	雨よけ栽培、紫外線カットフィルム、石灰施用等 シルバーマルチ、防虫ネット

(2) 殺菌剤の分類

殺菌剤に求められる特性は次に示すとおりです。これらの特性に優れるほうが効果は高くなります。

殺菌剤の求められる特性

基礎活性	どのくらい低濃度まで効果を示すのか
抗菌スペクトラム	どれくらいの種類の病原菌に有効か
予防効果	病原が作物に侵入するのを防ぐ作用
治療効果	すでに作物体に侵入している病原を抑制する作用
浸透移行性	薬剤が作物体に浸透し、各部位まで移行する作用
持続性(残効性)	防除効果がどのくらいの期間持続するか
耐雨性	薬剤散布後に降雨があった場合、流亡しにくい性質

① 保護殺菌剤と浸透性殺菌剤

ア. 保護殺菌剤

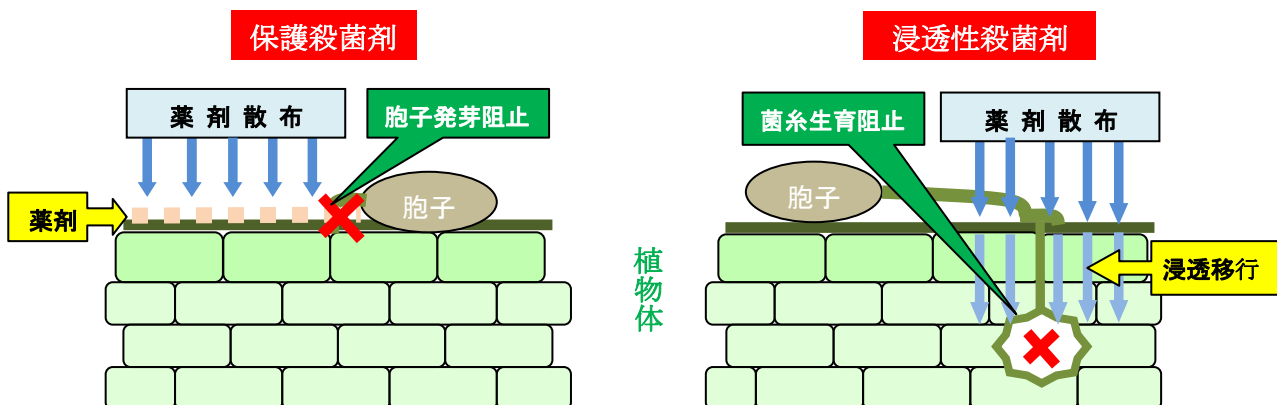
作物の表面に化学的な壁をつくって、病原の侵入を阻止、防御(予防効果)する薬剤です。すでに作物体内に侵入している病原には効果が劣るため、病原が侵入する前に処理されなければなりません。

病原菌のさまざまな部分に非特異的に作用するため、広い範囲の病原菌に効果があり、薬剤耐性菌の出現もまれです。しかし、防除効果の点では切れ味に欠けるものも多く、また、散布時期が遅れると効果が劣ります。

イ. 浸透性殺菌剤

作物組織内に侵入・感染した病原菌にも有効に作用します(治療効果)。組織内に浸透し病原へ作用することから、病原の周囲への進行を抑えます。

特定の病原菌に選択的に作用し優れた防除効果を示しますが、それ以外の病原菌には、効果は期待できません。また薬剤耐性菌が発達する場合も心配されます。



保護殺菌剤と浸透性殺菌剤の比較

比較項目	保護殺菌剤	浸透性殺菌剤
作用	予防的	治療的(予防効果に優れるものもある)
作用機作	多くの代謝系に非特異的に作用	ごく少数の代謝系に特異的に作用
影響を受ける病原菌	多数	不定(限定された病原菌に有効なものと、多くの病原菌に有効なものがある)
耐性菌の発達	発達しにくい	発達しやすい
移行	作物表面の狭い範囲にひろがる	作物体内に移行、通常は導管系に入る

② 殺菌剤の化学的分類

類似した化学構造をもつ殺菌剤どうしは、作用機作も同じであることが多くあります。また、抗菌スペクトラムなどの作用特性も類似している場合があります。

殺菌剤を化学構造から分類・整理することは、病害に対して効果のある薬剤を選択する場合に有効な手段となります。また、薬剤耐性菌の対策を行う点からも重要となります。

主要な殺菌剤の化学的分類と抗菌スペクトラム

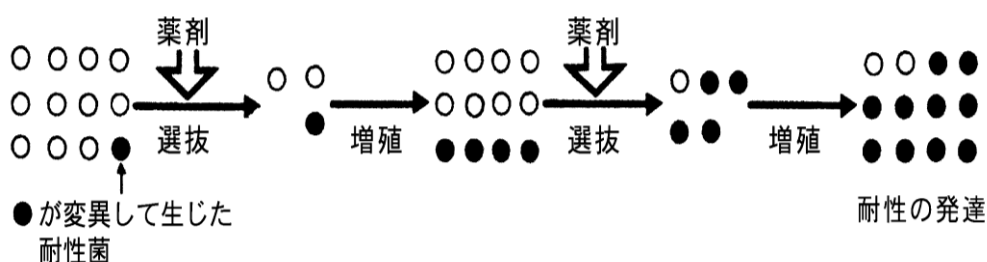
化学的分類		商品名 (例)	抗菌スペクトラム
保護 殺菌 剤	銅剤 (無機銅、有機銅)	コサイドDF、ドイツボルドーDF ドキリン	糸状菌、細菌全般
	無機硫黄	サルファーゾル	うどんこ病、赤かび病
	ジチオカーバメート	グリーンペンコゼブ、ダイファー	糸状菌
	その他	オーソサイド、キャプタン ダコニール、フロンサイドなど	
浸 透 性 殺 菌 剤	有機リン系	キタジンP、ヒノザン	いもち病
	ベンズイミダゾール系	ベンレート、トップジンM	糸状菌全般(べん毛菌類除く)
	N-フェニル カーバメート系	ジエトフェンカルブ (ゲッターの1成分)	ベンズイミダゾール系の耐性 菌にのみ有効
	ジカルボキシイミド系	スミレックス、ロブラール	灰色かび病、菌核病
	カルボキシアミド系	バンタック、モンカット、 モンセレン	担子菌類全般 リゾクトニア属菌
	フェニルアמיד系	リドミル	べん毛菌類(卵菌類)
	DMI (EBI)	シルバキュア、テクリード、チルト ホクガード、プランダムなど	子のう菌類
	抗生物質	カスミン ポリオキシシン バリダシン ストマイ	いもち病、細菌全般 子のう菌類、担子菌類 リゾクトニア属菌 細菌全般
	ストロビルリン系	ストロビー、アミスター、フrint オリブライト	糸状菌 いもち病
	その他	ラブサイド、ビーム、コラトップ スターナ	いもち病 細菌全般(グラム陰性)

(3) 薬剤耐性

耐性菌対策として必要なことは、まず病害防除の基本として、耕種的防除に努め、薬剤の使用回数をできるだけ少なくすることです。また、同一系統(化学的分類)の薬剤を連用することは避け、異なる系統の薬剤でローテーション防除に努める必要があります。

① 薬剤耐性発達の過程

同じ薬剤を繰り返し使用していると、その薬剤に強い個体(耐性菌)の割合が増加して、通常の使用量では効果を示さなくなることがあります。この現象を薬剤耐性といいます。



② 耐性のメカニズム

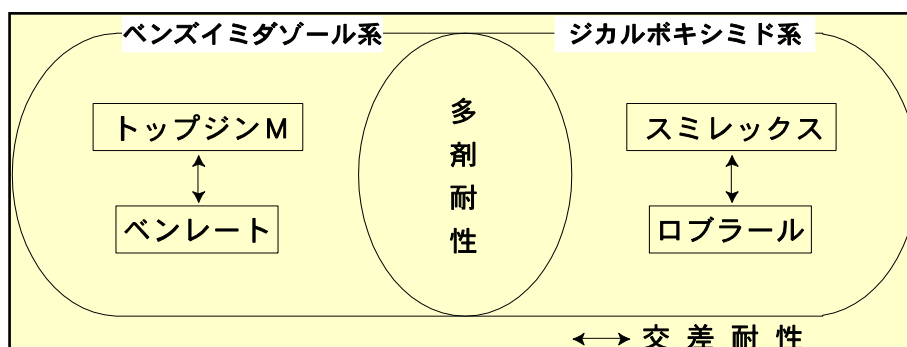
耐性により薬剤が効かないメカニズムは、主に次の三つの能力が理由と考えられます。

- 菌の体内への薬剤の取り込み量が少ない。
- 取り込んだ薬剤を解毒する菌の能力が高い。
- 菌の体内にある薬剤の作用点と薬剤の親和性が低下している。

③ 差耐性と多剤耐性

病原菌がA剤に対し耐性となったとき、B剤も耐性を示すような現象(その逆も成り立つ)を、A剤とB剤は交差するといいます。一般に、化学構造や作用機作が類似した薬剤間ではこのような現象がみられます。

また、病原菌が薬剤Aに対して耐性を示し、Aとは作用機作の異なる薬剤Dに対しても同時に耐性を示すような現象を多剤耐性といいます。



④耐性菌対策

耐性菌対策は、耐性発生前の対策が鍵になります。薬剤防除に関しての対策には以下のようなことがあります。しかし、薬剤防除だけでなく、耕種的防除の取り入れ、抵抗性品種の導入などの総合防除が重要となります。

- ◇ 同一グループの薬剤の総使用回数を減らす。(連用しない)
- ◇ 他系統の薬剤とのローテーション散布を行う。

⑤道内における耐性菌の発生例

(北海道農作物病害虫・雑草防除ガイドより)

病害名	作物名	薬剤耐性菌に関する情報
褐条病	水稲	カスミン剤の耐性菌を広範囲で確認
ばか苗病		ベンゾイミダゾール系(ベンレート・トップジン M)薬剤で確認
眼紋病	小麦	トップジン M に対する耐性菌を広範囲で確認 チルト剤に対する効果は、病原菌の菌型によって差がある
うどんこ病		DMI 剤の感受性低下が一部地域で確認 メキシアクリレート系薬剤に耐性菌の出現が確認
紅色雪腐病 赤かび病		紅色雪腐病と赤かび病の一種(ニパーレ)でベンゾイミダゾール系(ベンレート・トップジン M)薬剤の耐性菌を広範囲で確認
灰色かび病		小豆・豆菜 豆菜 大豆 トマト きゅうり、いちご 花卉
疫病	馬鈴しょ	フェニルアミド系(リドミル MZ の 1 成分)薬剤で広範囲に確認
軟腐病	馬鈴しょ、だいこん	オキソリニック酸(スターナなど)に対する低感受性菌の出現を確認
褐斑病	てんさい	DMI 剤の低感受性菌が網走・十勝管内で確認
りん茎さび病	食用ゆり	乾腐病・輪紋病 トップジン M に対する耐性菌が全道的に分布
黒星病	りんご	トップジン M に対する耐性菌が全道各地で確認
灰星病	おうとう	

引用文献

- 農薬概説(2007) 社団法人 日本植物防疫協会
- 北海道病害虫防除提要
- 北海道農作物病害虫・雑草防除ガイド(平成 20 年度)