

15章 菌類と植物保護

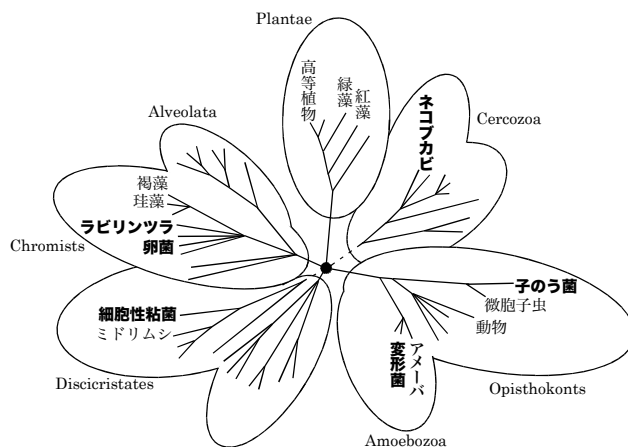
15.1 はじめに

人類は身の周りの多くの生物-とくに動植物-から恩恵を受けてきた。同時にこれら以外の生物群も利用してきている。ビールやワイン、日本酒などアルコール飲料やパンには酵母が、味噌、醤油やチーズ、鰹節にはカビが欠かせない。キノコ類を直接食用とすることもあつる。20世紀最大の発明の一つとされる抗生物質は、アオカビの作り出すペニシリンの発見が契機となったことも見逃せない。このようなカビ・キノコ・酵母を包含する生物群を菌類という。菌類は生態系において、分解者と位置付けられるように独特の機能を發揮している。一方、動植物に寄生して人類を脅かすもきた。農業・農学の分野で問題となる感染性の植物病害の原因の70%は菌類によるものであり、医学・獣医学の分野で問題となる細菌とは大きく異なっている。植物素材を損なうものも少なくない。従つて、このような菌類による被害の防止・防除対策が必要となる。このためには、その多様な生活史戦略と生活環に関する詳しい情報が欠かせない。残念ながら不明な点が多く残されている。ここでは植物保護の面から見た菌類と植物・作物との関係を重点的に紹介する。

15.2 菌類の多様性

菌類は独自の進化をたどつてきた生物群であり、生活史のある時期に鞭毛をもつグループと鞭毛をもたず管状の菌糸からなるグループとに分けられる。前者の代表はツボカビ類であり、後者はさらに、接合菌類、担子菌類、子のう菌類に分けられている。また、重要な植物病原菌を包含する卵菌類やネコブカビなど進化系統的には異質のグループも菌類として取扱うことが多い。従つて、菌類といった場合、藻類という語句と同様に複数の生物界にまたがる生物群を指すことになる(図15.1)。なお、有性生殖を欠き無性的に繁殖するグループを不完全菌類と称するが、その大半は本来、子のう菌類に属するものである。

このような生物群に属する植物病原菌は、わが国だけでも500属以上記録されており、新しいカテゴリーに入る分類群の発見もきわめて一般的である。従つて、それらの生活史も大変多様である。一般に、体制の発達した動・植物の生活史は規則正しく進行する。ところが、菌類ではこれが順を追つて進行することはあまりなく、ステージの省略や同一ステージの繰り返しも多い。環境条件や菌株の相違によつて、種々の形態的・機能的に分化した器官を形成して増殖あるいは不良環境に耐える特徴も見られる。なお、植物に病気を引き起こす菌類の多くは無性的繁殖能がきわめて高く、分生子などを形成して分散・拡大している。



注:従来菌類として取り扱われた生物群をゴシック体で表示している。なお、本図では、ツボカビ類、接合菌類、子のう菌類、担子菌類など“真の菌類”を子のう菌で代表させてある。(Keeling, 2004を改変)

図15.1 真核生物の分子系統から見た菌類の位置づけ

15.3 農林業と菌類病

人類は野生植物を改良して作物として栽培してきた。改良された作物は、菌類にとっても利用しやすいものであるため、菌類の加害を受け続けなければならなかった。このために大きく歴史が変えられた例がいくつもある（表15.1参照）。わが国で重要な米の生産も、菌類病の発生によってしばしば不作となり、飢饉に見舞われてきた。とくに、熱稲（いもち）病が大きな被害を与え続けてきた。病原菌対策は明治以来の大きな課題であったと云っても過言ではない。米の安定的生産が可能になったのは、ここ40～50年のことである。この過程で大きく貢献したのが菌類病を防ぐ殺菌剤の開発であった。同時に各種の技術も考案されてきた。近年は、あらゆる手法を組み合わせる総合的に防除する努力がなされている。他の農作物病についても同様である。

表 15.1 人類に多大な被害をもたらした菌類による植物病害の事例

時代	地域	病名	特記事項
中世	ヨーロッパ	ライムギ麦角病 (子のう菌)	死者・中毒者多数, 出生率減少
1800年代	フランス	ブドウべと病 (卵菌)	ワイン生産壊滅
1840年代	アイルランド	ジャガイモ疫病 (卵菌)	ジャガイモ飢饉
1867～8	スリランカ	コーヒーさび病 (担子菌)	コーヒープランテーション壊滅
1904～	北米大陸全域	クリ胴枯病 (子のう菌)	アマグリ成木壊滅
1914	アマゾン流域	ゴム樹葉枯病 (子のう菌)	ゴムプランテーション壊滅
1930年代	北米大平原	コムギさび病 (担子菌)	小麦生産被害甚大
1930～	北米大陸全域	ニレ萎凋病 (子のう菌)	自生ニレ大量枯死
1942	ベンガル地方	イネごま葉枯病 (子のう菌)	ベンガル大飢饉
1970～ 1971	北米～世界的	トウモロコシごま葉枯病 (子のう菌)	世界平均収穫量 30%減
1970～	ブラジル～中 南米	カカオ天狗巣病 (担子菌)	カカオプランテーション壊滅

15.4 農耕地の特性と菌類病

このような菌類病に作物はなぜ侵され被害が大きくなるのであろうか？作物が自然生態系にある同一種の野生種より有害生物の加害を受け易いのは、農耕地や人為環境のもつ生態学的特性であることが判ってきている。この事実は案外見過ごされてきた。農耕地の特性は表15.2にまとめられるように、人手の入らない自然環境とは大きく異なっており、菌類は手近にある好適な彼らの“えさ”を占有して、繁殖に専念できるためと考えられる。

ところで、植物病は主因となる病原菌が存在するだけでは発病してこない。これはヒトの伝染病と同様である。植物側の遺伝的な要因病気になり易い体質が必要であり、これを素因と云う。このような弱点を克服するために、抵抗性遺伝子を導入した抵抗性品種が開発されている。環境条件も病害

表 15.2 農耕地の特性

	非農耕地	農耕地
非生物的要素の安定性	徐々に変化	短時間で激変
物質循環	系内で循環	収穫物として収奪
植物群集の多様性		
構成種の種類	多樣的	極めて単純＝単一種
種の遺伝子構成	多樣的	大変単純＝単一クローン
2次元構造(種の分布)	(パッチ状)分散	均一分布
3次元(立体)構造	あり	ほとんどなし
時間的遷移	あり	遷移の初期に留める
作物の特徴：一般に病虫害抵抗性因子＝各種の2次代謝産物(“自然農薬”)産生能や組織の物理強度が劣るため、食味良好で軟弱、肥料要求性大、種子の休眠性を欠く改良種。		
病原菌側からみた環境特性：基質(“えさ”)の質がよく、宿主の発見が容易、繁殖に専念できる		

の発生の程度を左右する。窒素肥料の過剰によって軟弱になったり、無機元素が不足すると発病し易い。また、気象条件例えば雨露や温・湿度が大きく関与する。なお、土壤病害の場合には不良な微生物環境が病原菌の増殖・侵入を助長する。これらを誘因と云う。これら三者が適合すると、発病、流行蔓延して思わぬ被害を与える。

15.5 収穫後の菌類加害

食糧はじめ農作物は、生産の場ばかりでなく収穫後にも菌類の攻撃を受ける。その被害は収穫後の方が大きいとの指摘もあり、収穫後（ポストハーベスト）劣化の問題も無視できない。1960年代に入って菌類の有する別の脅威「マイコトキシン（カビ毒）汚染による品質低下」が大きく新たに浮上してきた。家禽の奇病の原因が、アフラトキシンというマイコトキシンであり、その化合物のもつ強力な発癌性が判明した。これが契機となり、実に多くの菌類が、ヒトや哺乳動物の健康に悪影響を及ぼす様々な二次代謝産物を産生し、それらを原因とする健康被害も発生している実態が明らかになった。一方、これら菌類の代謝産物だけが危険かというところでもない。菌類に攻撃された植物も、その刺激に反応して様々な二次代謝産物を作り出す。このような植物の代謝産物は、本来、“自然農薬”として植物病原菌に毒性を示し、感染防止の役割をもつが、我々哺乳動物に対して有害なものも多く含まれている。なお、収穫後の菌類加害では、圃場で感染した菌が顕在化して発病してくる事例、収穫や選別作業、輸送・貯蔵中に生じた傷から菌が侵入して発病してくる事例がしばしば認められる。食糧供給の増大には、品種改良、施肥、開場の整備などによる増産に加え、収穫後の劣化を防ぐ方策が必要不可欠となってきた。菌類の加害防止は農産物の安全性確保の面からも大きな課題となる。

15.6 植物病防除の現実

植物病害の防除法を考えた場合、菌の広がり方や増え方が問題であるから。菌の生活史と病害の発生を作物の生育ステージと結び付けた病害伝染環として表現することが多い。植物病の防除には、この伝染環を何処で断ち切るかが問題となる。従って、病原菌の生活史や作物の栽培法との関係を把握することが大切となってくる。これに基づいて以下のような方策が採られている。

1. 感受性植物から病原菌を排除するため、国際的には植物検疫、国内的には病植物の移動禁止が行われる。さらに、作物衛生を保証するため種子・種苗の隔離栽培や消毒が広く行われている。
2. 病原菌の撲滅のため、病植物の廃棄や植物残直の除去と焼却など、いわゆる圃場衛生に注意が払われている。
3. 特定の病原菌による被害を回避するため、それらに免疫性または抵抗性をもつ品種の使用や免疫性・抵抗性台木への接木が行われる。
4. 病原菌の密度を減らすためには一般に作物の輪作や混作が行われる。しかし、土壌中で生存期間の長い病原菌には効果がなく、植付け作物の変更や産地移動が行われている。
5. 一般的には殺菌剤の使用による防除がもっとも効果的である。しかし、その使用の最小化・最適化を行うための技術開発も推進しなければならない。

ただ、農業生産の現場では、方策2～4が、諸般の事情で徹底的に実施できていない現状がある。

15.7 植物保保護に可能な菌類

植物を巡る有害生物とその他の生物との間には種々の関係がある。この中で果たす菌類の役割は多様であるが、植物自身へ直接・間接に有利な影響を及ぼす現象、有害生物の管理・制御に利用可能な現象も多々知られている。このような自然制御の機構を活用した耕種的防除法、生物的防除法と物理的防除法とを併用すれば、農薬の使用を減らした総合防除が可能となる。植物保護に利用可能な作物や植物を巡る生物間の相互関係の中、菌類の関与するものは以下のように取りまとめられる。

1. 植物に作用して植物体の生育促進や病害抵抗性を付与する菌類

目的の作物に直接作用して効果を発揮する菌類が存在する。例えば、非病原菌の接種によって植物体の抵抗性が誘導される。また、共生菌類や内生菌類は病原菌の侵入を防ぐ。このような植物に内生・外生する非病原性菌類の一部は、抵抗性を誘導するエリシター活性をもつことが明らかにされている。菌根菌や根面・根圏に生息する植物生育促進菌は不良な環境条件下における植物の定着・成長促進に役立っている。

2. 菌類と菌類の間に見られる拮抗現象

植物の生育環境には多数の微生物が複雑な生態学的関係を保ちながら生息している。葉面菌あるいは土壌菌のあるものは、植物に無害であるばかりでなく病原菌集団に拮抗作用をもつものが少なくない。このため、外来の拮抗菌の導入や在来の拮抗菌の活性を高めて土壌の微生物環境を改善する手法が種々検討されてきている。

3. 菌類の逆利用

菌類には有害動物や雑草に寄生しているものがある。雑草や有害生物に寄生するいわゆる天敵菌類を利用して、これらを制御しようとする試みである。病原菌集団中に認められる非病原性系統あるいは弱毒性系統の利用等もこの範疇に入る。

以上のような各種の現象を利用して、病原菌を制御しようとする試みや植物の生育を促進する研究は古くから行われてきた。しかし、このような現象は人工制御環境下ではうまく働いても、大規模な面積を対象にした場合にはほとんど機能せず、具体的な成果の挙る事例はきわめて少ない。それらの機能の発現に関与する遺伝子群の分子レベルでの発現・制御機構の解析など基本的な事前調査を行った後、適切な資材を選択するなどが重要となってきよう。例えば、菌根菌や植物生育促進菌の使用は、効果の発揮できる場がかなり限定されている。病原菌の制御に際しては、病原菌の生活史研究に加え、病害発生予察情報の活用、要防除水準を策定した上で活用しなければならない。その他の菌類の利用に際しても、定着条件の解析と定着手法の開発、活動条件の解明と診断技術の開発が欠かせない。さらには、それらの機能の改善と安全性評価なども課題となる。また、農耕地の生態学的観点から考えても、種々の手法を組み合わせるとこそ効果が発揮されるものであり、単独の利用では過剰な期待の出来ないことも明らかであろう。

参考図書

田中千尋・奥野哲郎：植物を病気から守る，佐久間正幸編「植物を守る」，京都大学学術出版会，京都，2008.

Moore, D., Robson, G. D. and Trinci, A. P. J. : 21st Century Guidebook to Fungi, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2011.

(田中 千尋)