

土壤微生物セミナー(2)

≡ 有効利用を中心に ≡

雪印種苗(株) 技術研究所

技術顧問 沢田 泰男

1 微生物の拮抗作用にはどのような仕組みがありますか

最近、植物の病害防除に、農薬をはじめ合成化学物質の使用をできるだけ少なくして、抵抗性品種の導入や生物的防除を活用しようとする気運が高まっています。生物的防除には、病原菌に拮抗する微生物の特性が利用されます。

主な拮抗作用には、競合、寄生、抗生、溶菌のほか、近年話題性の多い根圏定着性、抵抗反応誘導性などが挙げられます。

競合(競争)は、生育の場と栄養の取り合いで、先取りする生育の速さと栄養の絶対量が関係します。

作物の霜害の原因となる葉面生息細菌は、細胞膜中の氷核となる活性物質を持っていますが、あらかじめ氷核を欠損した同種の細菌(組換え微生物)を接種すると霜害が防除され、氷核活性細菌との葉面の定着場所の競合に基づくことが明らかにされています。

また、根圏によく生育する蛍光性シュードモナスの細菌は土壤病害を抑制し、作物の生育促進効果があることで知られていますが、この拮抗作用は細菌が生産する鉄キレート物質(シデロフォア)が鉄を取り込んで、有害菌の鉄栄養を制限するためと考えられています。鉄は病原糸状菌の胞子の発育に必須の微量元素とされています。シデロフォアの生産は他の微生物にも認められています。

寄生は病原菌の菌糸や耐久器官の胞子・菌核に侵入して死滅させ活性を抑圧する作用で、糸状菌間の寄生が広く知られています。病原菌の菌糸に巻き付いて細胞壁を溶解する分解酵素を分泌しま

すが、これには宿主の認識機構が伴うとみられています。

抗生は抗菌物質の生産に基づく場合ですが、土壤中で、実際に病原菌の発育を抑えるだけの生産があるかどうかは早くから論議的になっていました。その後、分析法の進歩や遺伝学的な手法で抗菌物質非生産株との比較がされるようになり、発病抑制の効果が証明されています。

溶菌は病原菌の細胞壁が微生物によって溶解・消失する場合を指しています。寄生の際に働く分解酵素が主役をなしており、病原菌の周辺に生育する各種土壤微生物の影響に起因します。セルラーゼ、キチナーゼの高生産菌について制御機構の分子生物学的解析も進められています。

多くの土壤病原菌と微生物の拮抗は根の周辺を舞台としています。その効果は根圏における拮抗菌の定着と増殖に左右されます。したがって、根圏定着性に優れた微生物には、競合における場の先取りと同様、病原菌から根を保護する効果を期待することができます。バクテリゼーション(細菌化)はこうした理由に基づいています。微生物の根圏定着能は細胞表層多糖質や栄養要求性などの遺伝的特性に由来すると考えられています。

動物の場合と同様に、植物にも生理学的免疫を見出だそうという試みは古くからあり、誘導抵抗性と呼ばれています。非病原性の菌、あるいは熱処理した病原菌の接種により、植物の抵抗反応を誘導する例が知られています。誘導された植物組織にみられる反応として、パーオキシダーゼ、糖タンパク質、リグニン化、ファイトアレキシン、キチナーゼなどの活性化が挙げられています。

拮抗作用は必ずしも一つだけではなく、複数の

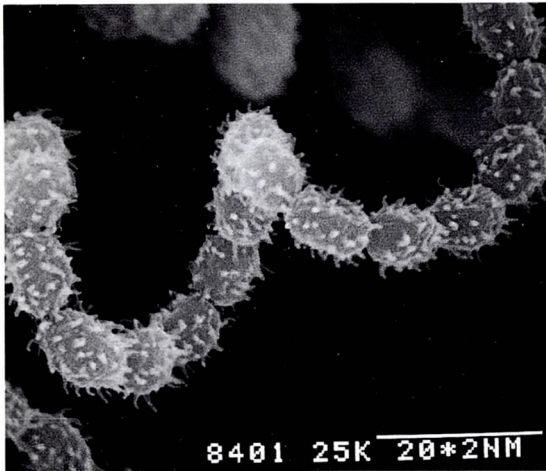


写真1 土壌放線菌
植物質の分解では後期にかけてよく発育し、
各種分解酵素、抗生物質の生産で知られる

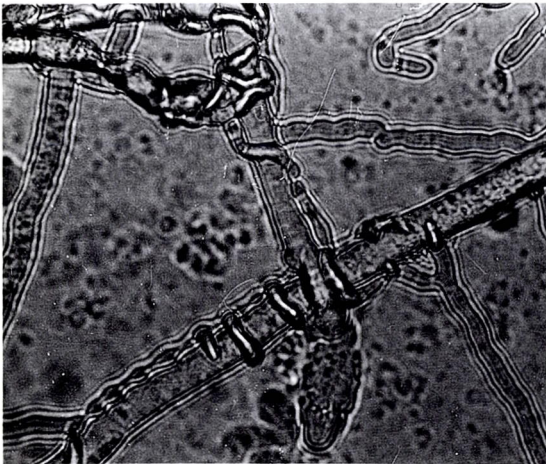


写真2 糸状菌間の寄生
病原菌（ピシウム）の菌糸に巻きついて侵入し、
死滅させる拮抗糸状菌（トリコデルマ）

作用の組み合わせで働く場合があります。同じ菌でも、病原菌の種類によって作用が違うこともあり、抗生であったり、寄生であったりする例が知られています。

2 微生物の土壌接種は本当に期待できるのですか

前号の病害抑止型土壌のうち、病原菌自体が住みつかないような土壌では、病原菌を抑える特殊な拮抗微生物が多く生存していると考えられ、その土壌を少量発病土壌に接種することによって、抑止性が得られるという研究結果があります。

連作を続けると、やがて病気が出難くなっていく場合も、病原菌が土壌中に作られる新しい微生物平衡のために、抑制された状態を維持していくことに基づいています。どのような土壌が抑止性を得やすいかは、おそらく拮抗菌の生態と増殖を助長するような環境条件に関係することでしょう。

ここでは、二つのことが浮かび上がってきます。つまり、接種する微生物が特殊な優れた能力を備えているかどうかということ、そして、その微生物が活動できる条件、場が与えられるかどうか、逆にいえば、与えられた場で能力を発揮できるかどうかということです。一見、別のことのような二つの問題は、接種の有効性にとっては切り離せない関係にあります。

微生物の能力が接種効果を左右するのはいうまでもありません。現存の微生物にはみられない能力、または、より優れた能力がまず選抜の対象になるでしょう。一方、それと同時に、適用する場で、少なくとも或る期間発育を遂げ、能力を発揮することが望まれるのです。この環境での適応性、定着性は、場合によってはすべてに優先する選抜の対象といえるでしょう。

接種した後の環境に目を向けることは、案外なおざりにされているようです。接種さえすれば、なんらかの効果があると決め込んでいる場合が多い。しかし、自然土壌ではコントロールがきく物理・化学的条件はともかく、殺菌土壌と違ってコントロールし難い生物的条件を伴っているのです。実験室のレベルでいかに優れた微生物でも、自然環境下ではほとんど無能力に等しいことは数多く経験されている事実です。

土壌に新たに導入される微生物が永続的に既存の微生物フロラに組み込まれていくのは予想以上に困難なことです。土壌中では、生活要求が近似した生態的地位の同じ生物は競合排除される、という生態学の原則が働きます。なんらかの大きな刺激や変化がある場合、あるいは先住の生物より一段と適合した性質を持つとか、また、病原菌と拮抗菌にしても、対象作物との親和性、競合性などに、より緊密な関係がある場合に限られるでしょう。

単に、どれかが効くだろうということで、多種

類の微生物を同時に接種するのは考えものです。これも後で触れようと思いますが、微生物資材といわれるものの中にそうした例が多くみられます。複数の菌を組み合わせるには、そのための必然性に基づくことはもちろん、むしろ、相殺したあるいはマイナスの影響を及ぼすことはないかなど、相互関係についての裏付けが必要なことはいうま

でもありません。

有効性を発揮させる上で、接種の形態、接種源をどうするかということも重要な問題です。他の微生物の影響を極力押さえ、接種微生物の発育を助長する方法を選択する必要があります。当然、微生物の種類や効果を期待する場面によって異なってきます。

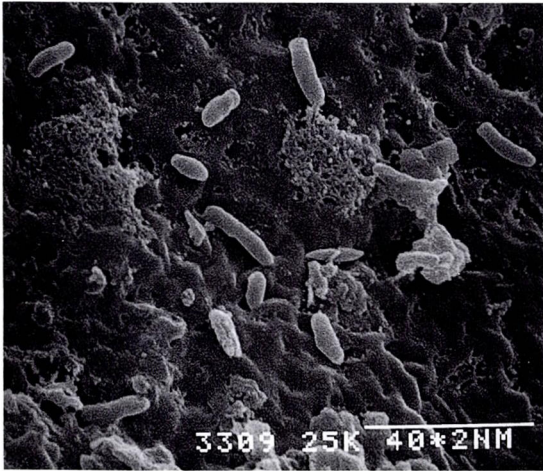


写真3 作物種子の表面に接種された有用細菌

3 微生物資材の開発にはどんな問題点が指摘されますか

現在の微生物資材の性格は昭和59年に制定された地力増進法の土壤改良資材に関係しています。つまり、微生物資材は「植物の栽培に資するため、土壌の性質に変化をもたらすことを目的として土地に施されるものであって、その主原材料が特定の微生物、または、その生産する酵素もしくは特定の微生物の活性化を図るもの」とみなされます。

土壤改良資材としての性格からすれば、このように、土地に施すことを前提にするのはやむを得ないところですが、しかし、実際に微生物の働きを活用する場合、必ずしも土壌全体に施さずに、特定の場面で局所的に用いるのがはるかに効率的

法律第三十四号

地力増進法

(目的)

第一条 この法律は、地力の増進を図るための基本的な指針の策定及び地力増進地域の制度について定めるとともに、土壤改良資材の品質に関する表示の適正化のための措置を講ずることにより、農業生産力の増進と農業経営の安定を図ることを目的とする。

(土壤改良資材の表示の基準)

第十一条 農林水産大臣は、植物の栽培に資するため土壌の性質に変化をもたらすことを目的として土地に施される物（肥料取締法（昭和二十五年法律第二百二十七号）第二条第一項に規定する肥料にあつては、植物の栄養に供すること又は植物の栽培に資するため土壌に化学的变化をもたらすことと併せて土壌に化学的变化以外の变化をもたらすことを目的として土地に施される物に限る。以下「土壤改良資材」という。）のうち、その消費者が購入に際し品質を識別することが著しく困難であり、かつ、地力の増進上その品質を識別することが特に必要であるためその品質に関する表示の適正化を図る必要があるものとして政令で定める種類のものについて、その種類ごとに、次に掲げる事項につき表示の基準となるべき事項を定め、これを告示するものとする。

一 原料、用途、施用方法その他品質に関し表示すべき事項
 二 表示の方法その他前号に掲げる事項の表示に際して土壤改良資材を業として製造（配合、加工及び採取を含む。）する者（以下「製造業者」という。）又は土壤改良資材を業として販売する者（以下「販売業者」という。）が遵守すべき事項

であり、近い将来ともそうした資材が開発される気運にあるのはいうまでもありません。根粒菌や生物農薬が良い例です。

したがって、微生物資材をもっと包括的に「農業生産に寄与することを目的とする微生物利用資材」と理解し、この意味では、キチンのように特定の微生物の活性化を図るものでも、有機質資材に過ぎないものは除外して考えるのが妥当と思われる。

さて、微生物資材について、まず取り上げなければならないのは内容の明確さという点です。多くの微生物資材が流通する中で、現在、それらの評価が大きな関心事となっていますが、評価が問題にされる前に、何よりも資材の性格・内容がはっきりしていることが先決です。主原料である微生物は何なのか、具体的にどういう効果を目的にしているものかが第一に問われるでしょう。

もともと、微生物資材という呼び名自体に不明確な面があります。漠然と微生物性を加味した改良資材という意味合いがあって、必ずしも微生物が主役になっていない向きもうかがわれます。しかし、特定の微生物の利用を考えていく場合、土壌改良資材であろうと生物農薬であろうと、また、農業以外の分野であろうと本質的に変わることはないはず。農業利用のものは、不確定の要素が多いから適当でよいということにはなりません。

これまで、開発が試みられた多くの微生物資材については、効果試験も繰り返し実施されています。それらの効果がしばしば不安定で因果関係がつけ難い最大の理由は内容の不明確さにあるといえます。

使われる微生物とともに、微生物の働きを助ける基材、添加物についても、資材の性状を表すものとして明らかにする必要があります。

微生物の内容という点では、それが目的とする効果の根拠になっている以上、どのような種類の微生物であるかを示すのは当然ということです。それも、不特定の一般名ではなく、属・種の学名を記す必要があります。公式の菌名が示されることは、いろいろな情報の重要な判断材料になります。

主原料の微生物を明示することは、特定の微生物

が増殖されて環境に使われることに対し、他の阻害要因にならないこと、つまり、広くバイオハザード対策の問題にも結びついています。

さらに、多くの微生物資材にみられることは、記載されている効果のあいまいさです。微生物フロアの改善とか、根の健全化といった漠然とした表現で済ませている例があります。本当はもっと狙いを絞った効果が主張されない限り、正当な評価の対象にはなり難いでしょう。どのような裏付けをしたらよいのか分からないのです。

従来の微生物資材の中には、病害の生物的防除を狙ったものが多く見られます。そのような資材には、実は生物農薬の性格を備えたものがあります。生物農薬の登録に必要な一定の規制を避けるために、あえて現状のあいまいさが通用する微生物資材にとどめているとしたら残念なことです。

多くの資材、特に複数の微生物を用いたものがさまざまな効果を掲げていることも評価を混乱させています。環境中の動向を検討することなく、多種類の微生物を混合して不確かな総合効果をうたうより、一種類の確かな微生物の能力に期待したいものです。

これまで、内容、品質の確かな微生物資材の開発に向けて、適切な品質表示をどうするかということが検討されています。生物農薬ではガイドラインの制定も近い状況にあります。微生物資材については、以上のような問題点を踏まえて、今後とも開発側の理解が望まれるところと思われます。

